

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Návrh transformovny 110/35kV
Technical Project of Transformer Station
110/35kV

2012

PETR HANUŠ

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petr Hanuš**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika
Téma: **Návrh transformovny 110/35 kV**
Technical Project of Transformer Station 110/35 kV

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický rozbor elektrických stanic
2. Způsoby návrhu elektrických stanic vvn/vn
3. Popis stávajících částí transformovny 110/35 kV
4. Návrh silové části transformovny 110kV
5. Zhodnocení návrhu

Seznam doporučené odborné literatury:


1. Hradílek, Z.: Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí. Skripta VŠB Ostrava, 2008.
2. Santarius, P.: Elektrické stanice a vedení. Skripta VŠB Ostrava, 1993.
3. Pauza, J., Krychtánek, Z.: Elektrické stanice. SNTL Praha, 1989.
4. Trojánek, Z.: Přechodové jevy v elektrizačních soustavách. SNTL, Praha 1987.
5. Horák, K.: Výpočet elektrických sítí. SNTL Praha, 1980.
6. Firemní literatura a katalogy

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr.Ing. Zdeněk Medvec**

Datum zadání: 30.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 3.5.2012



Abstrakt:

Cílem diplomové práce je navrhnout řešení rekonstrukce rozvodny 110kV v rámci přestavby transformovny 110/35kV ve Starém Místě. Popisuje způsoby a možnosti využití různých způsobů návrhu rozvoden při modernizaci stávajících nebo při budování nových elektrických stanic a jejich výhody a nevýhody. Je zde popsáno stávající zařízení transformovny, instalované přístroje a vybavení a dále důvody rekonstrukce elektrické stanice. Návrh rozvodny 110kV je zpracován dle příslušných metodik majitele zařízení. Jednotlivé přístroje a zařízení je navrženo dle katalogů jednotlivých výrobců a materiálových standardů investora. Byl proveden výpočet zkratové odolnosti rozvodny 110kV a na značeny další výpočty pro dimenzování přístrojů a přípojnic vzhledem k negativním účinkům zkratového proudu. V práci jsou použity materiály firem ČEZ Distribuce, a.s., SERW, ABB, Pfiffner, AREVA a některé starší materiály společností ČKD, Škoda a Energoinvest.

Klíčová slova:

elektrická stanice, transformovna, rozvodna, transformátor, plyn SF₆, vypínač, odpojovač, přístrojový transformátor, omezovač přepětí, přípojnice, přístrojové svorky, ochrany, zkratový proud, počáteční rázový zkratový proud, zkratový výkon, ekvivalentní krátkodobý oteplovací proud, elektromagnetické síly

Abstract:

The aim of this thesis is to propose solutions in the reconstruction of 110kV substations 110/35kV the reconstruction of the old place. It describes the ways and possibilities of different ways to design substations in upgrading existing or building new power stations and their advantages and disadvantages. It describes the existing transformer equipment, installed devices and equipment, and the reasons for the reconstruction of power stations. Proposal for a 110kV substation is processed according to the methods the facility owner. Individual instruments and equipment is designed according to each manufacturer's catalogs and material standards of investor. Calculation was performed 110kV substation short-circuit resistance and the other labeled equipment sizing calculations for busbar and the negative effects due to short-circuit current. The paper used materials distribution company CEZ, as, SERW, ABB, Pfiffner, AREVA and some older material by CKD, Skoda and Energoinvest.

Keywords:

power station, substation, substation, transformer, SF6, circuit breaker, breaker, instrument transformer, surge arrester, bars, display terminals, protection, short circuit current, the initial surge short-circuit current, short circuit power, equivalent to the current short-term warming, electromagnetic forces

Seznam některých zkratek a symbolů

C_k	Kapacita na kilometr vedení, jednotka farad na kilometr
D, d	Spojení vinutí do trojúhelníku
DSO	ČEZ Distribuce, a.s.
Hz	Hertz, jednotka frekvence
KPT	Kombinovaný přístrojový transformátor
kV	Kilovolt, jednotka napětí
L_k	Indukčnost na kilometr vedení, jednotka henry na kilometr
nn	Nízké napětí
P_p	Přirozený výkon, jednotka watt
PCB	Polychlorované bifenylly
PTN	Přístrojový transformátor napětí
PTP	Přístrojový transformátor proudu
Q1, Q2, Q3..	Označení odpojovačů
Ro110kV	Rozvodna 110kV
Ro35kV	Rozvodna 35kV
S_N	Zdánlivý výkon, jednotka voltampér
SF ₆	Hexafluorid síry (inertní plyn)
U_{1f}	Napětí na začátku vedení, jednotka volt
U_{2f}	Napětí na konci vedení, jednotka volt
U_S	Sdružené napětí, jednotka volt
vn	Vysoké napětí
vvn	Velmi vysoké napětí
W1, W2, W5..	Označení přípojníc
Y, y	Spojení vinutí do hvězdy
Z, z	Spojení vinutí do lomené hvězdy
Z_v	Vlnová impedance vedení, jednotka ohm
zvn	Zvláště vysoké napětí

Osnova:

1.	Úvod	1
2.	Elektrizační soustava	2
3.	Teoretický rozbor elektrických stanic	4
3.1.	Členění elektrických stanic	5
3.1.1.	Měničny	5
3.1.2.	Spínací stanice	6
3.1.3.	Transformovny.....	6
3.2.	Základní schémata elektrických stanic.....	7
3.2.1.	Jednoduchý systém přípojníc.....	7
3.2.2.	Dvojité a trojité systém přípojníc.....	8
3.2.3.	Ostatní systémy přípojníc	10
3.3.	Typy odboček elektrických stanic	10
3.4.	Prvky elektrických stanic	12
3.4.1.	Spínací přístroje	12
3.4.2.	Transformátory.....	13
3.4.3.	Ostatní zařízení	16
4.	Způsoby návrhu elektrických stanic	18
4.1.	Kategorizace transformačních stanic vvn/vn ČEZ Distribuce a.s.	18
4.2.	Rozvodny vvn.....	19
4.3.	Rozvodny vn	21
4.4.	Transformátory.....	22
4.5.	Vlastní spotřeba transformoven.....	22
5.	Popis stávající transformovny.....	23
5.1.	Rozvodna 35kV	23
5.1.1.	Vypínače 35kV	24
5.1.2.	Odpojovače 35kV	25
5.1.3.	Přístrojové transformátory napětí 35kV	25
5.1.4.	Přístrojové transformátory proudu 35kV	26
5.1.5.	Ostatní zařízení rozvodny 35kV.....	27
5.2.	Transformátory	27
5.3.	Rozvodna 110kV.....	28
5.3.1.	Vypínače 110kV	29
5.3.2.	Odpojovače 110kV.....	30
5.3.3.	Přístrojové transformátory 110kV	31
5.3.4.	Ostatní zařízení Ro 110kV	32
5.4.	Společná zařízení transformovny	32

6.	Návrh silové části rozvodny 110kV	34
6.1.	Možnosti provedení rozvodny 110kV podle umístění a technických parametrů	34
6.2.	Technické řešení rozvodny 110kV.....	35
6.2.1.	Přípojnice 110kV	36
6.2.2.	Vybavení jednotlivých polí Ro110kV	37
6.2.3.	Vypínače rozvodny 110kV	39
6.2.4.	Odpojovače rozvodny 110kV	42
6.2.5.	Přístrojové transformátory rozvodny 110kV.....	44
6.2.6.	Svodiče přepětí rozvodny 110kV	46
6.2.7.	Ovládací skříň, ochrany a řídicí systém	46
6.3.	Výpočty zkratových poměrů	48
6.3.1.	Ověření zkratové odolnosti	48
6.3.2.	Elektromagnetické účinky zkratového proudu	51
6.3.3.	Tepelné účinky zkratového proudu	52
7.	Zhodnocení návrhu	53
8.	Závěr	54
9.	Literatura	55
10.	Seznam příloh	56

1. Úvod:

Nejdůležitějším zdrojem energie v průmyslu i v domácnostech je dnes energie elektrická. Život bez ní si už nedovedeme představit. Spotřeba elektrické energie neustále vzrůstá a je předpoklad, že v budoucnu tomu nebude jinak. Jsou kladeny čím dál tím větší požadavky na spolehlivost dodávky a kvalitu elektrické energie. Hledají se nové a účinnější zdroje s menšími negativními vlivy na životní prostředí. Společně s vývojem využívaných zdrojů dochází též ke zvyšování výkonu, účinnosti a omezování škodlivých vlivů na životní prostředí. Hlavně v elektrárnách klasických, neboli tepelných, dochází při spalování uhlí k znečištění ovzduší. V minulých letech došlo k odsíření těchto výrobních jednotek, ale dále přetrvávají problémy s poléťavým prachem. Neustále se také zvyšuje podíl výroby z obnovitelných zdrojů, u kterých jsou ovšem problémy se spolehlivostí dodávky do sítě a možností jejich regulace. Budoucnost je hlavně v jaderných zdrojích, ale současně s vyřešením problémů s uložením vyhořelého paliva.

S rostoucími výkony zdrojů elektrické energie nastávají problémy související s přenosy těchto výkonů a s růstem zkratových proudů. Neustále se zvyšuje počet vybudovaných a rekonstruovaných linek přenosové i rozvodné soustavy. S větší hustotou sítí se zlepšují možnosti zálohování jednotlivých odběrných míst a možnost přenášet vyšší výkon. Zvyšuje se i tlak na snižování nákladů na údržbu zařízení a současně zvyšování životnosti jednotlivých prvků soustavy.

V případě výstavby nové či rekonstrukce venkovní rozvodny vvn bývá v současné době realizováno klasické nebo kompaktní provedení HIS. Kompaktní provedení HIS je upřednostňováno všude tam, kde hrozí technicky neúnosné vnější znečištění izolace a k vlastní realizaci není k dispozici velikostně odpovídající pozemek. Vnitřní rozvodny se budují v městských aglomeracích, kde není k dispozici potřebný prostor pro venkovní rozvodnu a tam kde je velké riziko znečištění. Provedení kryté halou se realizuje pouze při rekonstrukcích stávajících aplikací.

2. Elektrizační soustava

Pro správný, spolehlivý a bezpečný přenos elektrické energie od místa výroby až po místo spotřeby je zapotřebí dokonale fungující elektrizační soustava. Tato soustava je tvořena několika částmi, které se liší svou funkcí. První část soustavy je výrobní, kterou zastupují elektrárny všech druhů (jaderné, tepelné, vodní, solární, větrné). Další jsou přenosové a distribuční soustavy, což jsou elektrické stanice a vedení všech napěťových hladin. A na úplném konci soustavy jsou to spotřebiče. [1]

Elektrizační soustava je tvořena elektrárnami, které jsou připojeny do přenosových soustav. Tyto soustavy slouží k přenosu velkých výkonů mezi hlavními uzly elektrizační soustavy na velké vzdálenosti. Jedná se o napěťové hladiny zvláště vysokého napětí 3~50Hz 400kV a velmi vysokého napětí 3~50Hz 220kV a 110kV. Soustavy s napětím 220kV se však již nerozšiřují. Přenosové sítě o větším napětí se v České republice nevyužívá. Přenosové soustavy jsou realizovány venkovními vedeními. Schéma přenosové sítě 400kV a 200kV je v příloze č. I.

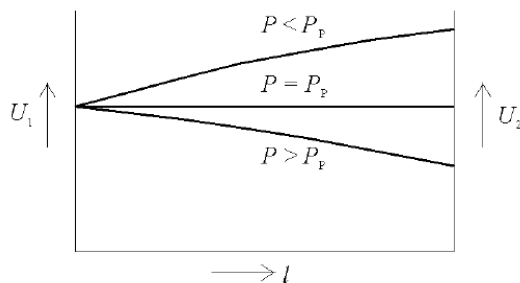
Ideálním stavem je pak přenos tak zvaného přirozeného výkonu P_p , kdy jsou minimální ztráty způsobené pouze činným výkonem. Induktivní a kapacitní ztráty jsou v rovnováze. V tomto okamžiku se napětí na konci a na začátku vedení téměř rovnají ($U_{1F} = U_{2F}$). Na konci vedení je připojena zátěž, jejíž impedance se rovná vlnové impedanci vedení Z_v .

$$Z_v = \sqrt{\frac{L_K}{C_K}} \quad [\Omega; H, F] \quad [1]$$

Velikost vlnové impedance nezávisí na délce vedení, ale na konstrukci vedení. Přirozený výkon P_p je pak přímo úměrný kvadrátu napětí U_s a nepřímo úměrný vlnové impedanci vedení Z_v :

$$P_p = \frac{U_s^2}{Z_v} \quad [W; V, \Omega] \quad [2]$$

Při přenosu menšího výkonu než je přirozený, dochází k takzvanému Ferratiho jevu, kdy napětí na konci vedení je vyšší než na jeho začátku. Při přenosu většího výkonu, než je přirozený, je napětí na konci vedení nižší než na jeho začátku. V tomto případě je nutné vlastnosti přenosu ovlivnit změnou parametrů vedení, indukčností a kapacitou. Toto se provádí v uzlech přenosových sítí, které tvoří elektrické stanice 400kV/110kV a 220/110kV, pomocí tlumivek a synchronních kompenzátorů. [1]



Obr. 1 - Graf přenosu výkonů na vedení

Rozvodné soustavy velmi vysokého napětí a vysokého napětí rozdělují elektrickou energii z jednotlivých napájecích uzlů a tvoří hustou síť vedení. Soustavy 110kV jsou provozovány s účinně uzemněným uzlovým bodem a jsou provedeny jako okružní nebo průběžné. Vedení je většinou venkovní dvojité, kabely se používají převážně v městských, hustě zastavěných aglomeracích. Soustavy vn (35kV, 22kV, 10kV, 6kV) se provozují s neúčinně uzemněným uzlovým bodem. Vedení je většinou venkovní jednoduché, stromové, napájené ze dvou transformoven. Kabelová vedení jsou využívány obdobně jako u sítí vvn, tedy v městských, hustě zastavěných aglomeracích. Bývají to sítě paprskové, průběžné nebo okružní. [2]

Tabulka č. 1. – Provozované soustavy v ČR

Soustava	Provoz
3~50Hz 400kV	S účinně uzemněným uzlovým bodem
3~50Hz 220kV	S účinně uzemněným uzlovým bodem
3~50Hz 110kV	S účinně uzemněným uzlovým bodem
3~50Hz 35kV	S neúčinně uzemněným uzlovým bodem
3~50Hz 22kV	S neúčinně uzemněným uzlovým bodem
3~50Hz 10kV	S neúčinně uzemněným uzlovým bodem
3~50Hz 6kV	S neúčinně uzemněným uzlovým bodem
3PEN~50Hz 0,4kV	S účinně uzemněným uzlovým bodem

3. Teoretický rozbor elektrických stanic

Elektrické stanice tvoří uzly elektrizační soustavy a jsou její nejdůležitější částí. Propojují sítě různých napěťových hladin a jsou do nich soustředěny hlavní funkce soustavy, mezi něž patří transformace, spínání, jištění, měření a ovládání. [1]

Elektrické stanice jsou obecně zařízení, které mají určité vstupy a výstupy elektrické energie, neboli přívody a vývody stanice. Elektrická síť pak ovlivňuje chod elektrické stanice a naopak. Mezi vlivy, které působí na elektrickou stanici ze strany přívodu, patří dodávaný výkon, zkratový výkon, napětí a jeho kvalita, přepětí, stabilita a spolehlivost. Vývody pak ovlivňují stanici odebíranými výkony, rázy, přetížením, zkraty, účínkem, přepětím, kvalitou napětí a požadavky na spolehlivost. Elektrická stanice ovlivňuje svou napájenou síť dodávanými a zkratovými výkony, napětím a jeho kvalitou, přepětím, spolehlivostí a stabilitou. Napájecí síť stanice ovlivňuje odebíraným výkonem, účínkem, přetížením, zkraty, přepětím, kvalitou napětí a požadavky na spolehlivost. Rovněž důležité jsou ovlivňující faktory vzájemného působení elektrická stanice a jejího okolí jako jsou povětrnostní podmínky, prostředí, bezpečnost osob v okolí, ekologie a podobně. [1]

Při realizaci staveb elektrických stanic je třeba brát v úvahu všechny faktory, které by mohli ovlivnit bezpečný provoz elektrizační soustavy.

Elektrické stanice můžeme rozdělit podle několika faktorů. Z hlediska obsluhy se jedná o stanice bezobslužné, které v současné době převažují. Manipulace jsou prováděny dálkově přes řídicí systém. V těchto stanicích probíhají pouze prohlídky v určitých časových intervalech. Trvalá obsluha je přítomna pouze ve stanicích velmi vysoké důležitosti nebo stanicích připojených na velké výrobní zdroje.

Dělení elektrických stanic podle jejich umístění je na venkovní kobkové nebo kompaktní provedení. Vnitřní rozvodny pak mohou být klasické kobkové, které zatím převažují. Jejich nevýhodou je nutnost mít k dispozici dostatečně velký prostor v budově. Dalšími typy rozvodných zařízení jsou skříňové rozváděče. Postupně se přechází na rozvodny zapouzdržené, které jsou kompletně izolovány plynem SF₆. [2]

Elektrické stanice sestávají z následujících částí:

Elektrická části:

- rozvodná zařízení: rozvodny, rozváděče, rozvodnice,
- transformátory: hlavní i pro vlastní spotřebu,
- přístrojové transformátory s příslušenstvím,
- kompenzační zařízení: statické (kondenzátory, tlumivky, zhášecí tlumivky), rotační,
- společná zařízení: soustava ochrany, zařízení pro zajištění a rozvod energie pro vlastní spotřebu (části střídavé i stejnosměrné), zařízení pro výrobu a rozvod tlakového vzduchu, dozorná, zařízení pro ovládání, měření, dispečerské dorozumívací zařízení, vf zařízení, zařízení pro hromadné dálkové ovládání.

Pomocné části:

Slouží k zabezpečení provozu a údržby. Například olejové hospodářství, revizní věž, laboratoř, dílny, sklady, administrativa a podobně.

Stavební části:

Pozemky, budovy, venkovní i vnitřní stavební konstrukce, komunikace, oplocení apod. [2]

3.1. Členění elektrických stanic

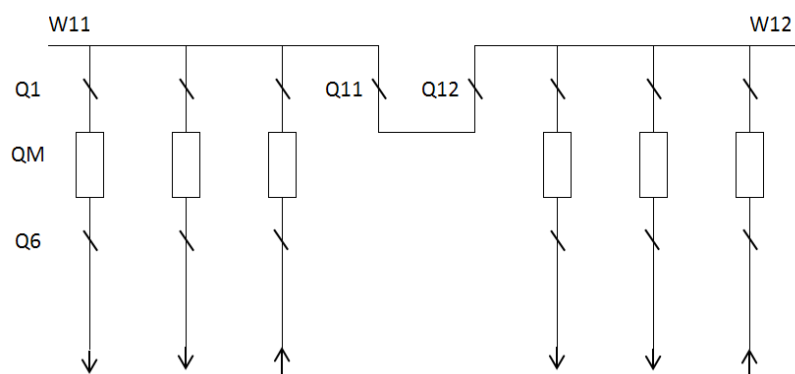
Elektrické stanice mohou být podle svého hlavního účelu děleny na transformovny, spínací stanice a měnírny. Hlavním úkolem transformoven je transformace elektrické energie na jiné žádané napětí a rozvézt tuto energii do dalších uzlů nebo ke spotřebiteli. Jejich hlavními prvky jsou transformátory. Spínací stanice rozvádějí elektrickou energii bez transformace, tedy bez změny velikosti napětí. Funkcí měníren je změna střídavé soustavy na stejnosměrnou, nebo střídavou o jiném kmitočtu. [2]

3.1.1. Měnírny

Měnírny mění střídavou energii soustavy na stejnosměrnou, nebo střídavou o jiném kmitočtu. Nejčastějším případem jsou napájecí měnírny pro napájení trakčního vedení elektrických drah, tramvají, metra a trolejbusů se stejnosměrnou napájecí soustavou. Sestavu měnírny tvoří několik základních komponentů, z nichž nejdůležitější jsou trakční transformátor, usměrňovače s přepětovými ochranami, vzduchová vyhlazovací tlumivka, stejnosměrný rozvaděč. [2]

3.1.2. Spínací stanice

Spínací stanice rozvádějí přivedenou elektrickou energii do několika různých vývodů. Rozdělení se děje na stejné hladině napětí bez transformace. Z toho vyplývá odlišnost od transformoven, jejichž hlavní funkcí je transformovat napětí. Spínací stanice se provozují hlavně na hladinách napětí vn 35kV a 22kV. Hlavní části spínacích stanic jsou vypínače, odpojovače a přípojnice. Na přípojnice je přivedeno přes vypínač a odpojovače napětí na sběrnici, což je uzel spínací stanice. Z přípojnice je pak energie rozvedena na více vývodů. Dnes se tento typ elektrických stanic začíná dostávat postupně mimo provoz. Souvisí to se stářím elektrických přístrojů ve spínacích stanicích a s neutěšeným stavem některých budov těchto stanic. S rozvojem dálkově ovládaných úsečníků se zhášecími komorami se nabízí ekonomičtější varianta spínání. [2]



Obr. 2 - Jednopolové schéma spínací stanice

3.1.3. Transformovny

Transformovny patří mezi nejdůležitější a nejsložitější části elektrizační soustavy. Jejich hlavní funkcí je transformovat elektrickou energii na jiné napětí se stejnou frekvencí. Transformace z nižšího napětí na vyšší se provádí z důvodů kvalitnějšího přenosu elektrické energie na větší vzdálenost. Transformace opačná je pak z důvodu snížení napětí na požadované jmenovité napětí spotřebičů. [1]

Princip přenosu a transformace elektrické energie popíšeme nejprve obecně. Přívodními linkami (přívody) je elektrická energie dovedena přes odpojovače a spínače na přípojnice primárního rozvodného zařízení. Odtud je přivedena na primární svorky transformátoru, kde se energie transformuje a vyvádí na sekundární přípojnicí. Z té je energie rozvedena opět přes odpojovače a spínače na vývodové linky o určitém napětí. V některých případech může transformovna sloužit i jako uzel pro přenos stejné úrovně napětí.

Transformovny můžeme rozdělit podle různých kritérií. Dle hladiny napětí je dělíme na transformovny ZVN/VVN (400/110kV, 220/110kV), VVN/VN (110/35kV, 110/22kV) a VN/VN (35/10kV, 22/6kV a podobně). Mohou být i transformovny o více napěťových hladinách, například 110/35/10kV. Z hlediska umístění jsou transformovny vnitřní, venkovní nebo kombinované (rozvodna o jedné hladině napětí je vnitřní, o druhé je venkovní). Další členění je pak dle rozvodných zařízení, kde zvláštním typem jsou zapouzďžené rozvodny. [1]

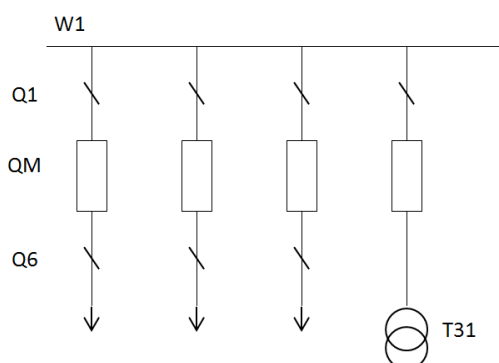
Možnosti provozu jednotlivých stanic jsou dále dány počtem výkonových transformátorů. Ten závisí na odebíraném příkonu. Při provozu dvou a více transformátorů je možný i jejich paralelní provoz, pokud jsou na to přizpůsobeny ochrany a jejich pomocné ovládací obvody. V opačném případě mohou transformátory pracovat společně, ale každý do vlastní oddělené přípojnice. V případě výpadku jednoho ze strojů pak umožní systém přípojníc převést odběr na transformátor bez poruchy, pokud to výkon dovolí. [1]

3.2. Základní schémata elektrických stanic

Páteří celé transformovny tvoří přípojnice, na které jsou napojeny všechny přívody a vývody rozvodny. Systémy přípojníc určují možnosti provozování jednotlivých elektrických stanic. Je možné volit různé druhy systému jak primární, tak i sekundární rozvodny, dle potřeby dané oblasti. Rozvodny mohou být dále doplněny pomocnými přípojnícemi, využívanými při náhradním provozu jednotlivých odběrů v případě poruchy nebo údržby samotného pole rozvodny. Jednotlivé přípojnice, hlavní i pomocné, pak mohou být podélně děleny. To v podstatě znamená rozdělení přípojnice na dvě části. [2]

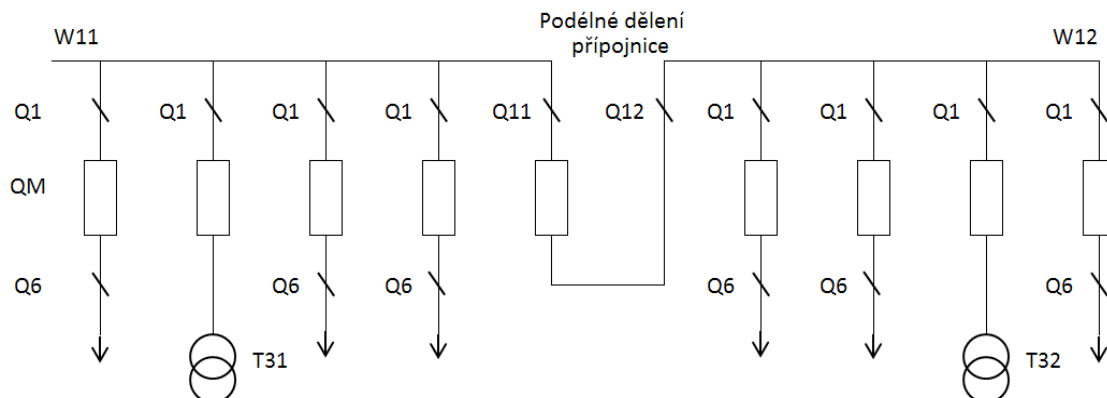
3.2.1. Jednoduchý systém přípojníc

Jednoduchý systém přípojníc se využívá u méně důležitých elektrických stanic vysokého napětí, kde není nutný nepřetržitý provoz. Systém využívá pouze jednu hlavní přípojnicí, do které jsou připojeny jednotlivé vývody vedení a vývod transformátorů. Nevýhodou tohoto systému je malá spolehlivost a v případě poruchy nebo údržby na přípojniových odpojovačích Q1 nebo v poli transformátoru musí dojít k odstavení celé rozvodny. Výhodou je jednoduchost a nízké náklady.



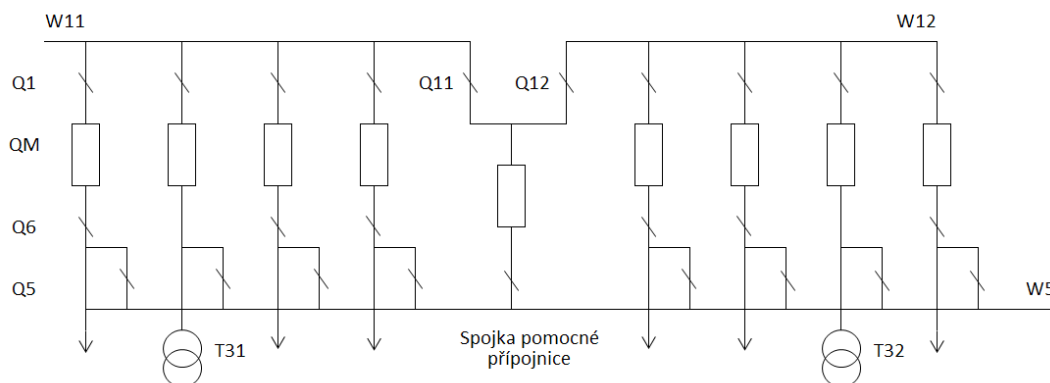
Obr. 3 - Jednoduchý systém přípojníc

Pro zvýšení spolehlivosti rozveden s jednoduchými systémy přípojníc se instaluje podélné dělení přípojníc. Podélné dělení se realizuje buď výkonovým vypínačem s odpojovači, nebo pouze samotným odpojovačem. V případě poruchy je možné provozovat rozvodnu pouze s jedním transformátorem a sepnutou podélnou spojkou. Provádění údržby prvků takové rozvodny je provozně mnohem snadnější, než v případě jednoduché přípojnice bez podélného dělení.



Obr. 4 - Jednoduchý systém přípojnic s podélným dělením

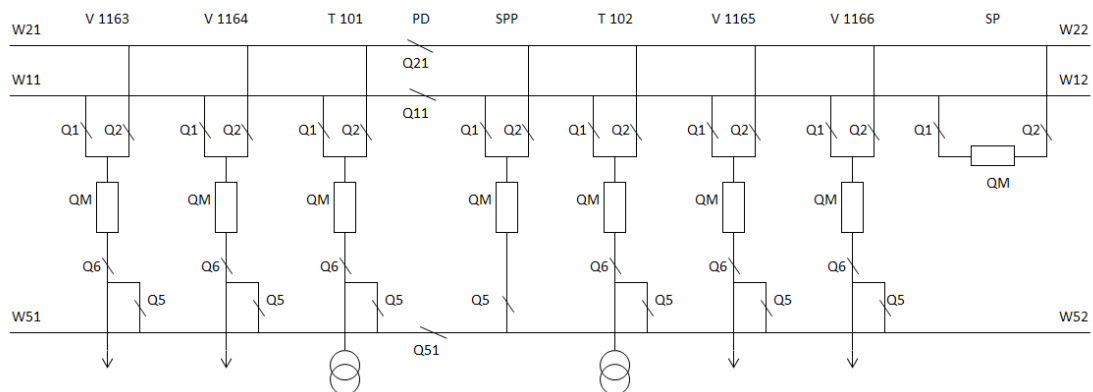
Další možností zjednodušení provozu rozvodny při revizi prvků v jednotlivých polích umožňuje pomocná přípojnice. Spojka pomocné přípojnice W5 nám umožňuje provozovat jednotlivé vývody v takzvaném náhradním provozu přes odpojovač Q5.



Obr. 5 - Jednoduchý systém přípojnic s pomocnou přípojnící W5

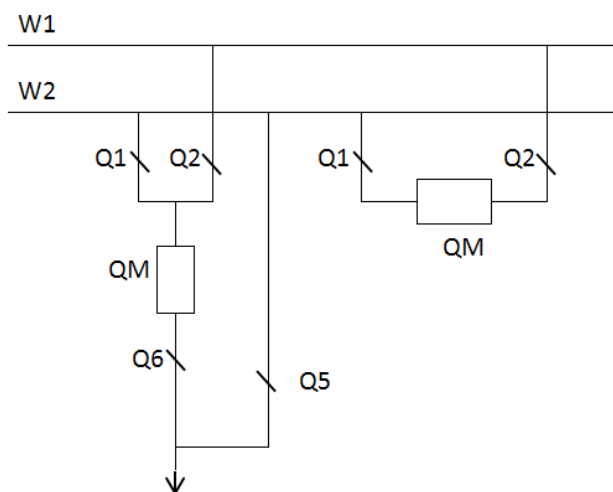
3.2.2. Dvojitý a trojitý systém přípojnic

Pro případy poruch v transformovných nebo připojených sítích se z důvodu lepší provozní spolehlivosti volí systém s více hlavními přípojnícemi. Hlavní přípojnice se značí dle jejich počtu v rozvodném zařízení W1, W2, W3 nebo W11, W12, W13 a jejich odpojovače Q1, Q2, Q3. Výhodou systému s více než jednou hlavní přípojnící je možnost v případě poruchy jednoho systému převést provoz na přípojnici druhou. Tento systém nám navíc umožňuje použít větší počet provozních stavů stanice. Systém dvou přípojnic (obr. č. 6) patří k nejčastěji voleným systémům v důležitých transformovných vvn/vn elektrizační soustavě. V rozvodnách 110kV navazujících na přenosovou soustavu se instalují hlavní přípojnice tři. Tyto systémy jsou investičně náročnější.



Obr. 6 - Dvojitý systém přípojníc s pomocnou přípojnicí W5

V rozvodnách s dvojitý systém přípojníc W1 a W2 můžeme využít jednu přípojnici jako pomocnou (W2 = W5) s přemostňovacím odpojovačem. Obecně je možno na pomocnou přípojnici připojit pouze jeden vývod vedení nebo transformátoru. Spínač pomocné přípojnice musí být dimenzován podle nejvíce zatížené odbočky.

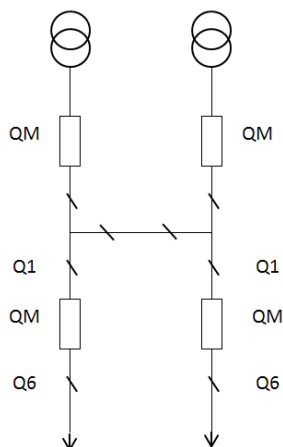


Obr. 7 - Dvojitý systém přípojníc s možností využití hlavní přípojnice jako pomocné

3.2.3. Ostatní systémy přípojnic

Mezi další systémy využívaných v elektrických stanicích jsou systémy okružní, které tvoří uzavřenou soustavu přípojnic. Každá odbočka je připojena mezi dva spínače, při revizích nedochází k omezení dodávky elektrické energie. Přípojnice jsou uspořádány do n -úhelníků ($n=3,4,6,8$). Tento systém se používá pro důležité elektrické stanice elektrizační soustavy.

Systém přípojnic do tvaru „H“ je užíván pro rozvodny vvn, kde jsou dva vývody vedení a dva transformátory, tedy u menších rozvodn 110kV. Výhoda tohoto spojení spočívá v různých možnostech provozu přes podélný odpojovač. [2]



Obr. 8 - Systém přípojnic „H“

3.3. Typy odboček elektrických stanic

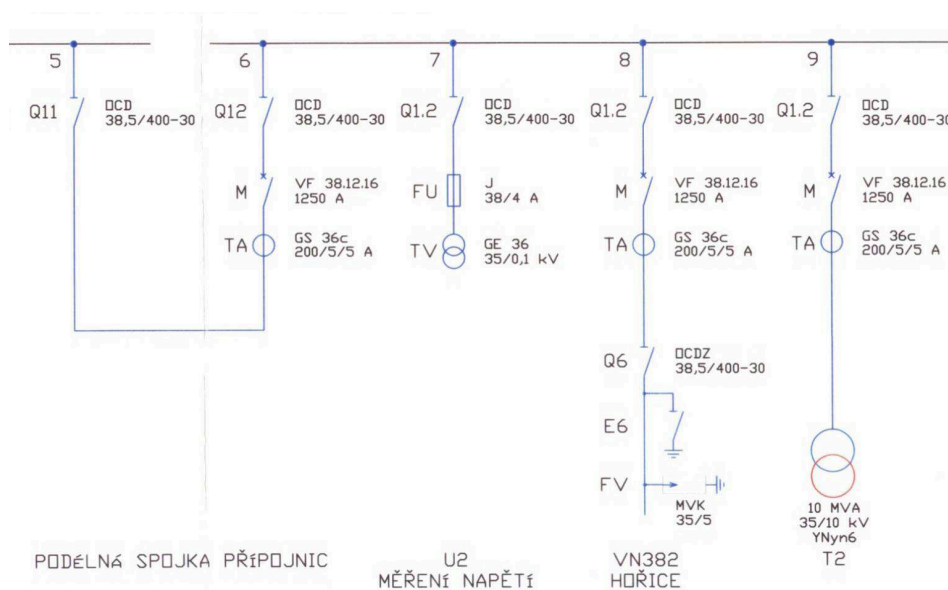
Odbočky jsou základními prvky rozvodného zařízení a tvoří je soubory připojených přístrojů. Hlavní odbočky mohou být podle toku energie přívodní (napájecí dodávají energii na přípojnice dané stanice) nebo vývodové (odběrové, odvádějí energii ke spotřebičům) nebo kombinované (dodávka i odběr). Podle výzbroje jsou odbočky pracovní, které jsou plně vyzbrojeny nebo rezervní s plnou nebo částečnou výzbrojí. Vedlejší odbočky slouží k měření veličin, jištění a odbočky pro změnu provozu stanice (spojky)

Hlavní odbočky:

- alternátorové (generátorové),
- transformátorové - k hlavním transformátorům
- k transformátorům vlastní spotřeby
- vývodové - venkovním vedením
- kabelovým vedením
- motorové
- kondenzátorové
- tlumivkové
- jiné

Odbočky pomocné:

- spínače hlavních přípojníc
- podélné dělení
- příčné dělení
- kombinované dělení
- spínače pomocných přípojníc
- odbočky pro měření napětí
- odbočky pro bleskojistky
- odbočky uzemňovací



Obr. 9 – Příklady odboček elektrických stanic

Popis jednotlivých prvků na obrázku číslo 9 :

- | | |
|--------------|--|
| W1.1 a W1.2. | – Podélně dělené sběrnice |
| Q11, Q12 | – Přípojnícové odpojovače spojky přípojníc |
| Q1.2, Q1.1. | – Přípojnícové odpojovače vývodů a měření |
| Q6, E6 | – Vývodové odpojovače s uzemňovačem E6 |
| M | – Výkonové vypínače jednotlivých kobek |
| TA, TV | – Měřicí transformátory proudu a napětí |
| FU | – Pojistky |
| FV | – Svodiče přepětí |

3.4. Prvky elektrických stanic

3.4.1. Spínací přístroje

Spínací přístroje v elektrických stanicích vypínají, zapínají, odpojují a připojují silnoproudé obvody. Vypínače, odpojovače a odpínače nastavují a mění různé provozní stavy a konfigurace elektrizační soustavy a prakticky soustavu těmito prvky řídíme.

Vypínače slouží ke spínání obvodů pod zatížením. Jejich funkce v transformovnách a spínacích stanicích je nezastupitelná. Musí zvládnout vypínat i zkratové proudy. Při návrhu zařízení pro jednotlivé rozvodny musíme vycházet z několika parametrů vypínačů, jako jsou jmenovité napětí, jmenovitý proud, jmenovitý vypínací a zapínací proud, vypínací čas a podobně. Vypínače procházejí neustálým vývojem, tudíž se dnes v transformovnách můžeme setkat s pestrou škálou typů. Jako zhášecí medium se používá stlačený vzduch, kapaliny (olej, voda), plyn SF₆ nebo vakuum. [1]

Z porovnání vypínače tlakovzdušného a s plynem SF₆ je patrné, že se zvýšili jmenovité hodnoty proudů. Hlavní nevýhodou vypínačů tlakovzdušných je však nutnost kompresorové stanice v transformovnách. Ke svému provozu potřebuje zdroj stlačeného vzduchu, který je příčinou častých poruch. Stlačený vzduch se využívá jak pro zhášení oblouku, tak i k mechanickému pohybu kontaktů. Jejich velkou nevýhodou je nutnost časté údržby. Vypínače tlakovzdušné dnes už téměř vymizely, ale několik transformoven je jimi ještě vybaveno. Porovnání vypínačů tlakovzdušného a s plynem SF₆ je v tabulce číslo 2.

Tabulka č. 2 – Porovnání vypínačů tlakovzdušného a s plynem SF₆

Výrobce	Škoda	ABB
Typ	13 VVR 110	LTB 145D1/B
Rok výroby	1976	1997
Pohon	Stlačená vzduch - kompresor	Elektrický, střadačový
Zhášecí medium	Stlačená vzduch	Plyn SF ₆
Jmenovité napětí	110 kV	145 kV
Jmenovitý proud	2000 A	3150 A
Zapínací proud	95 kA	100 kA
Vypínací proud	31,5 kA	40 kA
Krátkodobý nadproud	35 kA po 2 s	40 kA po 3 s

Vypínače olejové dnes už také pomalu dožívají, mimo jiné i z důvodu ekologických požadavků. Velké množství oleje slouží jako zhášecí medium i jako izolace. V transformovnách, které pomalu dožívají, se vyskytují už pouze maloolejové vypínače s menším množstvím oleje, než bylo u kotlových variant. Na napětových hladinách vvn a zvn jsou již nahrazovány spínači s plynem fluoridem sírovým, na napětových hladinách vn je to hlavně vakuové provedení spínacích komor vypínačů.

Odpojovače viditelně odpojují zařízení (linky, transformátory) pro revize a údržbu. U zapouzdřených rozvodů je viditelnost nahrazena spolehlivou signalizací. Odpojovačem se nespíná zatížení, může se pouze spínat pod napětím. Pohon odpojovačů byl často tvořen vzduchovým válcem, kde jako u vypínačů bylo nutno stlačeného vzduchu. Velká bolest těchto pohonů je v připojovacích trubičkách, hlavně v jejich životnosti. Uniky stlačeného vzduchu u starších rozvodů jsou velice časté a nemalé. Dnes se tyto vzduchové válce nahrazují elektropohony, které jsou spolehlivější. Dle jejich instalace mohou být vertikální nebo horizontální. Součástí vývodových odpojovačů bývají obvykle uzemňovače, které v případě potřeby uzemní a zkratuje svorky odpojovače. Odpínače se v transformovných příliš nevyužívají, pouze v některých transformovných jsou použity na spínání transformátorů vlastní spotřeby. Odpínačem můžeme spínat i menší výkony.

3.4.2. Transformátory

Transformátor je elektrický netočivý stroj, který slouží k přenosu elektrické energie mezi dvěma obvody střídavého proudu prostřednictvím magnetického pole.

Dělení transformátorů:

- dle převodu (snižovací, snižovací, oddělovací)
- dle soustavy (jednofázové, třífázové)
- dle chlazení (vzduchové olejové)
- dle účelu (blokové, spojovací, průmyslové distribuční, vlastní spotřeby, izolační, trakční)

Transformátor blokový – pracuje v sérii s alternátorem v elektrárnách. Z hlediska počtu vinutí se používají dvouvinutové nebo trojvinutové transformátory.

Transformátory průmyslové, distribuční a vlastní spotřeby napájí vnitřní rozvody objektů se vstupním napětím vn a výstupním napětím nn.

Transformátory izolační mají převod 1:1. Galvanicky oddělují výrobní zdroje od venkovních vedení. Tímto je chrání před atmosférickým přepětím a slouží ke snižování zkratových proudů.

Výkonové transformátory (spojovací) plní nejdůležitější funkci transformoven, kdy elektrickou energii transformují z vyšší napěťové hladiny na nižší nebo naopak. Provoz celých transformoven závisí na jejich počtu, výkonu a způsobu provozu (možnost paralelní chodu).

V elektrických stanicích vyšších napětí 400/110kV se využívají transformátory s olejovou náplní. Pro lepší chlazení se využívá nuceného oběhu tekutiny se značením ONAD. Olej je vháněn čerpadly do chladičů, na kterých jsou ještě umístěny ventilátory. V Transformovných 110/35kV nebo 35/10kV jsou nainstalovány transformátory s olejovou náplní, již však bez nuceného oběhu. Tento druh chlazení se značí ONAN. Olej cirkuluje v nádobě samovolně přes chladičí radiátory, které jsou navíc opatřeny ventilátory.

Požadavky na ochranu životního prostředí stále vzrůstají. Olejové transformátory vvn/vn a vn/vn představují velmi dobré technické řešení. V mnoha případech je však jejich využití omezené, například elektrické stanice u vodních elektráren, nebo vede-li jejich instalace k příliš vysokým výlohám na protipožární ochranu. Dříve, při zvýšených požadavcích na protipožární ochranu používané transformátory, plněné ASKARELEM, musejí být nahrazovány kvůli problémům s PCB. Dnes se zde umísťují tak zvané vzduchové suché transformátory s rozsahem výkonu do 20MVA. Nesplňují však stejné elektrické požadavky a nejsou dostatečně odolné vůči vzdušné vlhkosti a agresivním látkám. Problémy nastávají s chlazením a regulací

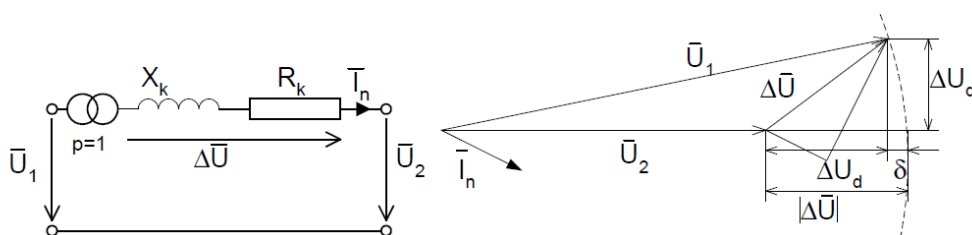
Všechna stání výkonových napájecích transformátorů musí být opatřeny jímkami pro případ nenadálého uniku transformátorového oleje. Ať už dojde k havárii nebo chybné manipulaci s olejem při plnění řádu preventivní údržby, nesmí tato látka dostat mimo tyto jímky. V dnešní době, kdy je ekologické hledisko důležitým aspektem provozu elektrických stanic, je na dobrý stav jímek soustředěná vysoká pozornost. U nově stavěných rozvodn jsou již požadavky na ekologii a tím na kvalitu jímácích míst kladeny vysoké nároky. Aby nedošlo ke vsaku oleje nebo jiných nebezpečných látek používaných při odmašťování a čištění, provádí se například polaminování betonového povrchu. Dnes se už stavějí zastřešená stání pro transformátory 110/35kV i nižších napětových hladin. Nespornou výhodou je menší působení přírodních vlivů na samotný stroj.

Výkony jednotlivých výkonových transformátorů se navrhují podle těchto následujících požadavků:

- výpočtové zatížení transformátorů
- ztráty v transformátorech
- dovolené odchylky napětí v síti
- možné zkratové proudy v síti
- ekonomické hledisko

Na štítku transformátoru se zásadně udává výkon zdánlivý S_N [MVA]. Nejčastěji používané výkony v rozvodné soustavě transformátorů vvn/vn jsou 10, 16, 25 a 40 [MVA]. Výkony instalovaných transformátorů odpovídají dané spotřebě napájené sítě.

Převod transformátoru je dán poměrem závitů primárních a sekundárních napětových hladin. Samotný převod je definován napětovým údajem (110/35kV, 110/22kV). Převod definuje stav naprázdno, je tedy nutné počítat s poklesem napětí na výstupní straně při zatížení.



Obrázek č. 10 – Náhradní schéma a fázorový diagram transformátoru

Distribuční a přenosové transformátory vvn/vn jsou regulační. Na vinutí vyššího napětí jsou vyvedeny odbočky, nejčastěji $\pm 8 \times 2\%$ od střední hodnoty odpovídající jmenovitému převodu. Nejnižší odbočka odpovídá nejnižšímu počtu závitů vstupního vinutí a tím i nejmenšímu převodu. Odbočky jsou obvykle v rozmezí 1 – 18 se střední odbočkou č. 9. Se zvyšováním napětí na výstupní straně se dosáhne regulací na nižší odbočku a naopak.

Ztráty transformátoru jsou rozděleny na ztráty v železe a ztráty ve vinutí. Ztráty v železe jsou ztráty naprázdno. Vznikají stálou změnou magnetického toku a závisí při předpokládané konstantní frekvenci na velikosti napětí. Tyto ztráty jsou téměř konstantní a nezávisí na zatížení vzhledem k tomu, že napětí se mění pouze v malém rozsahu. Tyto ztráty jsou na transformátoru, ať už je zatížený nebo je naprázdno. Ztráty ve vinutí nazýváme ztráty nakrátko. Vznikají průchodem proudu vinutím a z toho vyplývá, že se zvyšujícím se zatížením se ztráty zvyšují kvadraticky.

Napětí nakrátko je takové napětí na vstupní straně při současném spojení výstupní strany nakrátko při jmenovitém výstupním proudu. Označuje se u_k a u transformátorů vvn/vn dosahuje hodnot okolo 10%.

Proud naprázdno je proud, procházející transformátorem při rozpojené výstupní straně a při jmenovitém napětí na vstupní straně transformátoru. Označuje se i_k a je udáván v procentech. V poměrných hodnotách platí rovnost mezi proudem naprázdno a příčnou admitancí transformátoru.

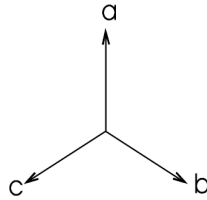
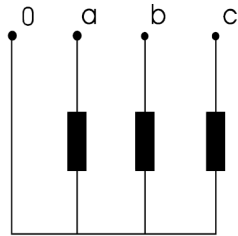
Spojení trojfázových transformátorů může být realizováno do hvězdy, trojúhelníka a lomené hvězdy. V těchto uspořádáních se může spojit nezávisle primární vinutí i sekundární vinutí. [5]

Označení jednotlivých spojení se provádí tak, že vinutí primární je označeno velkým písmenem a sekundární vinutí písmenem malý.:

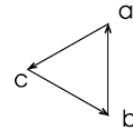
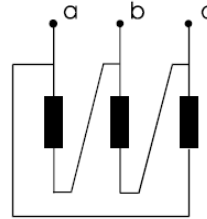
Spojení vinutí do hvězdy – Y, y
Spojení vinutí do trojúhelníka – D, d
Spojení vinutí do lomené hvězdy – Z, z

Pro transformátory vvn/vn se nejčastěji používá zapojení Y_{yd} . Transformátor má primární i sekundární vinutí spojené do hvězdy, třetí vinutí do trojúhelníku je sekundární a využívá se jako zdroj vlastní spotřeby elektrických stanic.

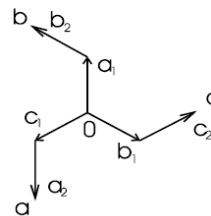
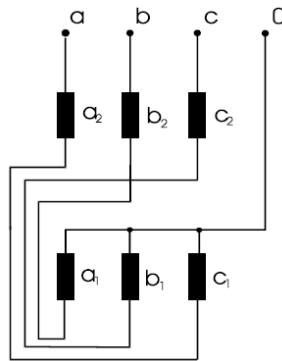
Do hvězdy



Do trojúhelníku



Do lomené hvězdy



Obrázek č. 11 – Zapojení vinutí transformátorů

3.4.3. Ostatní zařízení

Transformovny v sobě zahrnují velké množství zařízení a prvků s různými funkcemi. O transformátorech a vypínačích bylo již zmíněno.

Přístrojové transformátory transformují proud nebo napětí hlavního obvodu na hodnoty vhodné pro měření a jistění. Izolují nám tak měřicí a jistící obvody od obvodů vysokého napětí. Rozlišujeme transformátory proudu, napětí nebo jejich kombinace tak zvané kombinované přístrojové transformátory. Jako izolační medium se u přístrojových transformátorů 110kV používá olej, stále častěji však plyn SF₆. U zařízení vysokého napětí se převážně používají izolanty pevné. Pole transformovny, které jsou vyvedeny do venkovních vedení nebo transformátorů, jsou osazeny svodiči přepětí, které zabraňují šíření přepětí do rozvodny.

V současnosti, kdy na jednotlivých rozvodnách již není stálá obsluha, je veškeré ovládání prvků transformovny prováděno z dispečinku pomocí řídicích systémů. Je možnost přepínání na místní ovládání, ale dochází k tomu pouze v případech větších poruch a kalamit, kdy dispečerské řízení není schopno obsloužit více transformoven najednou. Výjimkou jsou uzemňování pomocí uzemňovačů, které se provádí pouze místně, tedy obsluhou. Řídicí systém byl spuštěn téměř na všech transformovnách vn, vvn a zvn ve východních Čechách. Někdy je ovšem složité a nebezpečné ovládat tímto způsobem transformovnu přes 40 let starou. Ač je řídicí systém jinak spolehlivý, v tomto případě mohou vzniknout nesprávná hlášení o stavu přístrojů na dispečink. Proto je u těchto transformoven vyžadována přítomnost pracovníka poruchové služby pro kontrolu stavu přístrojů při manipulacích.

Vlastní spotřeba je řešena několika způsoby. V transformovnách 400/110kV je například z výkonových transformátorů a jejich terciálního vinutí přes vypínač přivedeno napětí (10kV) na transformátory vlastní spotřeby 10/0,4kV a dále do rozvaděče vlastní spotřeby. Jako záloha může být použita linka vn z jiné transformovny vysokého napětí. V případě výpadku všech těchto zdrojů jsou v transformovnách umístěny staniční baterie. Z akumulátoru pak po omezenou dobu mohou být napájeny přes měniče a usměrňovače nejdůležitější prvky, jako jsou ochrany a řídicí systém. Ovládání spínačů a odpojovačů musí být v tomto případě ovládáno ručně poruchovou službou. V transformovnách 110/35kV a 35/10kV je vlastní spotřeba vyvedena přímo z přípojnice rozvodny 35kV na transformátor vlastní spotřeby I (TVS I). Jako druhý zdroj je opět linka, která může být napájena z jiné rozvodny v případě výpadku celé transformovny. Každá transformovna pak má pak opět staniční baterie.

4. Způsoby návrhu elektrických stanic vvn/vn

Při návrhu elektrických stanic je vždy nutno posoudit vhodnost jednotlivých řešení pro konkrétní stavbu. Řešení elektrických stanic jsou dány požadavky investora na technické parametry:

- Hlavní parametr je druh stanice. Ten určuje, zda-li se jedná o transformovnu, spínací stanici nebo měničnu. Nároky na jednotlivé stanice jsou naprosto odlišné, ať už se jedná o zastavěnou plochu, vybavení přístroji a stroji nebo konstrukčním uspořádáním jednotlivých prvků.
- Jmenovité napětí je další parametr, který ovlivní stavbu elektrické stanice téměř ve všech směrech (velikost, možnosti provedení, vybavení přístroji, uzemnění nulového bodu, zařazení do soustavy, způsob ochrany živých a neživých částí a další.
- Začlenění do energetického systému určuje důležitost stanice. Má mimo jiné vliv na způsob obsluhy a možnost zásoku napájení stanice a její vlastní spotřeby. Dle důležitosti stanice se následně volí elektrické schéma.
- Zkratové poměry v soustavě určují dimenzování prvků a jejich propojení a uchycení. Dále určují nastavení jednotlivých ochran vedení, přípojníc a transformátorů.
- Počet přívodů, vývodů a transformátorů určuje typ přípojnícových systémů a vybavení jednotlivých odboček.
- Dalšími parametry pro návrh stanice jsou například druh prostředí z hlediska znečištění, dle lokality podle povětrnostních podmínek a námrazových map, bezpečnost provozu a obsluhy a hospodárnost projektu [3]

4.1. Kategorizace transformačních stanic vvn/vn ČEZ Distribuce a.s.

Dispoziční a konstrukční uspořádání prvků elektrické stanice je dáno požadovanými technickými parametry. Řešení návrhu elektrických stanic v distribučních společnostech popisují jednotlivé metodiky. Metodika ČEZ Distribuce, a.s. „koncepce elektrických stanic“ popisuje možné způsoby řešení rozvodny 110kV. Rozděluje elektrické stanice do třech kategorií:

- Kategorie TR 1 - Uzlová transformovna

Uzlová transformační stanice, která tvoří společný bod mezi okružní přenosovou sítí zvn (vvn) a distribuční soustavou vvn, ve kterém je transformována elektrická energie z přenosové do distribuční soustavy. Uzlová transformovna, se v kontextu této koncepce rozumí část vvn a vn této elektrické stanice. [4]

- Kategorie TR 2 – Distribuční transformovna typu A

Elektrická stanice, která je s výkonovými transformátory propojující dvě nebo více sítí o rozdílných napětích. V oblasti DSO se bezvýhradně jedná o transformaci 110 kV na 22 kV či 35 kV. Distribuční transformovna této kategorie rozděluje elektrickou energii jak o napětí vvn a tak o napětí vn do DS. [4]

- Kategorie TR 3 – Distribuční transformovna typu B

Definice stejná jako transformovna kategorie TR 2 s tím rozdílem, že distribuční transformovna této kategorie po transformaci rozděluje do DS pouze elektrickou energii o napětí vn – je napájecím uzlem distribuční soustavy vn. [4]

4.2. Rozvodny vvn

Provedení rozvoden vvn podle umístění:

- venkovní – klasické provedení
- venkovní – kompaktní provedení (pouze HIS)
- vnitřní – zapouzdřené provedení s izolací SF6 (GIS)
- vnitřní – klasické či kompaktní kryté halou

V případě výstavby nové či rekonstrukce venkovní rozvodny vvn bývá v současné době realizováno klasické nebo kompaktní provedení HIS. Kompaktní provedení HIS je upřednostňováno všude tam, kde hrozí technicky neúnosné vnější znečištění izolace a k vlastní realizaci není k dispozici velikostně odpovídající pozemek. Vnitřní rozvodny se budují v městských aglomeracích, kde není k dispozici potřebný prostor pro venkovní rozvodnu a tam kde je velké riziko znečištění. Provedení kryté halou se realizuje pouze při rekonstrukcích stávajících aplikací.

Rozvodna vvn uzlových transformoven (kategorie TR1) se převážně realizuje se třemi systémy přípojníc s jedním vypínačem na odbočku. Mohou mít jednořadé i dvouřadé uspořádání. Každá z přípojníc je podélně rozdělená odpojovačem na dvě sekce. Pokud možno do každé podélné sekce bude připojen minimálně jeden zdroj (transformátory zvn(vvn)/vvn) z přenosové soustavy a to tak, aby přírodní pole od zdrojů z přenosové soustavy byly v případě výstavby nové transformovny situovány co nejbližší k podélnému dělení přípojníc. V každé sekci přípojníc bude příčný spínač přípojníc. V případech kdy nelze připustit beznapěťový stav jednotlivých odboček bude zrealizován pomocný systém přípojníc s podélným dělením na dvě sekce. Propojení přípojníc a odboček je buď lanové, nebo trubkové.

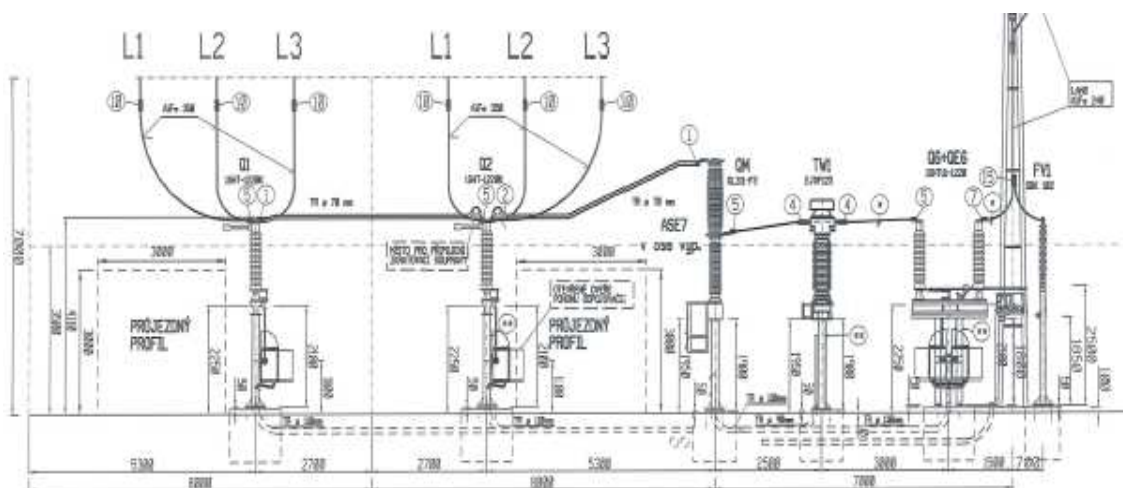
Rozvodna vvn distribučních transformoven typu A (kategorie TR2) se vyzbrojuje dvěma systémy přípojníc s jedním vypínačem na odbočku. Mohou mít jednořadé i dvouřadé uspořádání. V rozvodně se osazuje se příčný spínač přípojníc, podélný spínač přípojníc pouze ve výjimečných případech. V případě rozsáhlejší rozvodny je možnost přípojníc v případě potřeby podélně rozdělit na sekce. Propojení přípojníc a odboček je buď lanové, nebo trubkové.

Rozvodna vvn distribučních transformoven typu B (kategorie TR3) bývá pouze s jedním systémem přípojníc s jedním vypínačem na odbočku. Ve většině případů se realizuje zapojení odboček typu „H“, nejvýše 4 pole vvn bez započtení pole podélného dělení. [4]

Technologická část venkovních rozveden v klasickém provedení má následující půdorysný sled přístrojů:

- Přípojnicový odpojovač
- Vypínač
- Kombinovaný přístrojový transformátor proudu a napětí (pouze pole vývodu, HDO)
- Přístrojový transformátor proudu (pouze pole transformátoru, spínače přípojníc)
- Vývodový odpojovač s uzemňovačem (pouze pole vývodu a transformátoru zvn/vvn)
- Přípojnicový odpojovač na pomocný systém přípojníc (u kategorie TR1)
- Omezovač přepětí (pouze pole transformátoru, pole vývodu)

Šířka polí u nových a rekonstruovaných transformoven TR1 a TR2 bude 10 m. U transformoven TR3 a všech rekonstrukcí v případě nutnosti (velikost stávajícího pozemku) je ponechána možnost ponechat šířku 9 m. Na obrázku č. 12 je řez vývodovým polem v klasickém venkovním provedení Ro110kV. [4]



Obrázek č. 12 – Řez vývodovým polem v klasickém venkovním provedení Ro110kV

Technologická část venkovních a vnitřních rozveden vvn v kompaktním provedení se realizuje buď jako kompaktní modulární rozvodna s hybridní izolací (HIS) nebo jako Kompaktní modulární rozvodna s plynovou izolací (GIS).

V kompaktní modulární rozvodna s hybridní izolací (HIS) jsou silové prvky pole soustředěny a jednopólově zapouzďeny v uzavřených nádobách naplněných plynem SF₆ a jako celek jsou umístěny na jedné společné konstrukci (stoličce) a tvoří tak plynem izolovaný modul (odpovídá jednomu poli klasické rozvodny). Přípojnice jsou izolované vzduchem. Používají se především pro venkovní instalace rozveden vvn transformačních stanic kategorií TR2 a TR3. Podélné dělení přípojníc je možné provést v klasickém provedení -horizontální či pantografově

odpojovače. Každý pól bude samostatným, minimálně jedním plynovým prostorem s monitoringem tlaku SF_6 a pojistnou tlakovou membránou.

Kompaktní modulární rozvodny s plynovou izolací (GIS) mají silové prvky pole včetně přípojníc umístěny v plynotěsných tlakových nádobách v zapouzdřeném provedení s izolací plynem SF_6 a tvoří tak plynem izolovaný modul (odpovídá jednomu poli klasické rozvodny). Modul, respektující jedno pole vvn, je rozdělen plynotěsnými přepážkami na minimálně 4 plynové oddíly – přípojnice + trojpolohový spínač (C-O-E), vypínač + PTP, PTN, vývodový trojpólový spínač (C-O-E). Každý plynový oddíl je vybaven pojistnou membránou a zařízením pro monitorování tlaku SF_6 . [8]



Obrázek č. 13. Venkovní kompaktní provedení (HIS)

4.3. Rozvodny vn

Provedení rozvoden vvn podle umístění:

- venkovní – klasické provedení
- vnitřní – klasické kobkové provedení
- vnitřní – skříňové rozvaděče izolované vzduchem
- vnitřní – skříňové modulární s izolací SF_6

V současné době se vnitřní skříňové provedení izolované vzduchem vn již nově neinstaluje. Ve většině případů se používá zapouzdřené modulární provedení s izolací SF_6 , výjimečně se využívá vnitřní kobkové provedení. Venkovní rozvodny vn jsou zpravidla v klasickém kobkovém provedení.

Zapojení rozvoden vn není určeno kategorií transformovny. Konstruuje se jako jedno-systémové nebo dvou-systémové s jedním vypínačem na odbočku. V případě podélně dělené přípojnice je zaústěn od transformátoru vvn/vn připojen do každé sekce. [4]

4.4. Transformátory

Výkonové transformátory vvn/vn se umísťují do samostatných stanovišť. Tyto stanoviště mohou být venkovní nebo venkovní krytá (zastřešená, případně uzavřená vraty).

V případě, že napájená síť z rozvodny vn je provedena venkovním nebo smíšeným vedením, bude stanoviště vybaveno výkonovým transformátorem s uzemněným středním bodem (uzlem) vn přes zhášecí tlumivku. V případě že napájená síť z rozvodny vn je provedena zemním kabelovým vedením bude stanoviště vybaveno výkonovým transformátorem s uzemněným středním bodem (uzlem) přes uzlový odporník.

Transformátor bývá osazen na betonový základ na koleje (univerzální rozchod kol 1900 a 2500 mm). Olejová náplň nesmí obsahovat PCB látky. Způsob chlazení transformátoru ONAN/ONAF, ovládání ventilátorů je automatické nebo kontaktním teploměrem. Regulace napětí je provedena přepínačem odboček pod zatížením na straně 110kV, s možností místního i dálkového ovládání.

Kolem základů výkonového transformátoru a zhášecí tlumivky se ve spodní části buduje záchytná jímka s integrovanou společnou havarijní jímkou, která je schopna pojmout olej transformátoru. Vnitřní stěna záchytné jímky bude v půdorysu přesahovat okraj všech nádob strojů obsahující olej dle ČSN 33 3201 a ČSN 33 3240 v platném znění. Ze záchytné jímky je pak případný uniklý olej přepouštěn do havarijní jímky přes zhášecí vrstvu - vrstva šterku na ocelových pororoštech nebo samozhášecí rošt. [4]

4.5. Vlastní spotřeba transformoven

Vlastní spotřeba je zpravidla napájena ze tří nezávislých zdrojů, a to dvou transformátorů vn/nn vlastní spotřeby (TVS). Napájení ochran, řídicích systémů a pohonů přístrojů je v případě ztráty obou zdrojů vlastní spotřeby napájeno ze staničních baterií.

Hlavní zdroj je napájen z rozvodny vn, transformátor vlastní spotřeby je přednostně umístěn v místnosti stání TVS v budově. Může být také umístěn přímo v rozvodně vn jako samostatné pole. Záložní zdroj je napájen z nezávislé linky a je podle velikosti výkonu řešeno stožárovou trafostanicí nebo přímo v budově společných provozů. V případě absence nezávislé linky vn bude TVS2 alternativně napájeno z terciárního vinutí silového transformátoru zvn(vvn)/vvn. [4]

5. Popis stávajících transformovny 110/35kV

Systém rozvodu elektrické energie 110kV v severní části východočeského regionu je převážně napájen z Transformovny 400/110kV Bezděčín. Průřez fázových vodičů vedení V1101 Bezděčín – Semily nesplňuje požadavky na přenosové schopnosti z hlediska přenášeného výkonu mezi napájecími uzly 400/110kV Neznášov a Bezděčín při výpadku jednoho z nich.

Jednou z nejproblémovějších míst této oblasti z hlediska dodávky elektrické energie je oblast Jičínska a Turnovska. Město Jičín je napájeno kabelovým rozvodem z menších transformoven 35/10kV. Okolní oblasti jsou napojeny na transformovnu Staré Místo 110/35kV. Město Turnov a jeho okolí je napojeno na kabelový rozvod 35kV, který je napájen z transformoven 110/35kV Semily a Staré Místo. Rozpínacími a manipulačními body jsou dvě spínací stanice 35kV, které jsou situovány ve středu města Turnov.

Spolehlivost dodávky v těchto oblastech je absolutně nevyhovující vzhledem k odebíraným výkonům. To je zapříčiněno hlavně rozvojem průmyslových zón, zejména pak v okolí Jičína a Turnova. Pro odlehčení transformoven Semily a Staré Místo v současné době budována nová transformovna 110/35kV v Turnově. Dále bude postavena nová linka 110kV mezi transformovnami Staré Místo a Nový Bydžov. Vzhledem k havarijnímu stavu přístrojů a zařízení a vzhledem k zaústění nové linky je nutné rekonstruovat stávající transformovnu ve Starém Místě u Jičína.

5.1. Rozvodna 35kV

Rozvodna 35kV je venkovní se dvěma systémy přípojníc. Celé technologické vybavení je původní mimo vypínačů, které byly vyměněny v roce 1998. Ovládání jednotlivých spínacích přístrojů je kombinované. Odpojovače jsou ovládány pomocí tlakového vzduchu, vypínače mají elektrický střadačový pohon. Přístroje jsou umístěny na ocelových konstrukcích, které jsou připevněny na betonových stožárech pomocí objímek. Rozvodna 35kV se skládá z 20 odboček, umístěných do jednotlivých polí (tabulka č. 3).

Celé vybavení rozvodny je již v havarijním stavu. Ocelové konstrukce jsou již zkorodované a betonové sloupy jsou rozrušené a začínají se rozpadat. Odpojovače jsou na vzduchový pohon a vykazují nespolehlivý provoz. Rozvod tlakového vzduchu je za léta provozu ve špatném stavu a objevují se na něm poruchy. Přístrojové transformátory proudu a napětí jsou s olejovou náplní a jsou postupně měněny po velice častých poruchách. Na všech porcelánových částech se objevují praskliny.

Tabulka č. 3 - Jednotlivé vývody rozvodny 35kV

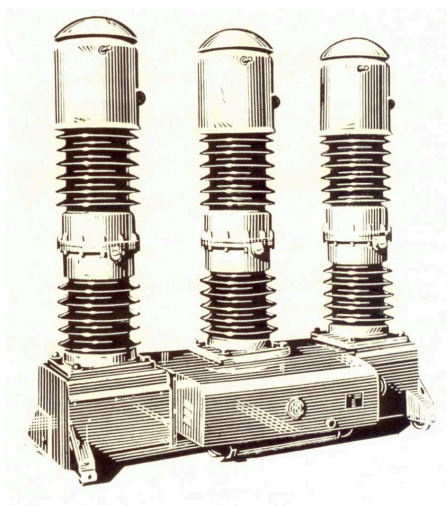
Pole	Vývod
1.	T 101
2.	VN 392
3.	TVS I / Měření W1
4.	VN 391
5.	T 102
6.	VN 390
7.	Měření W2
8.	VN 396
9.	HDO I
10.	VN 491

Pole	Vývod
11.	SP 35kV
12.	VN 395
13.	VN 383
14.	VN 397
15.	HDO II
16.	VN 396
17.	VN 399
18.	VN 394
19.	Prostorová rezerva
20.	VN 492

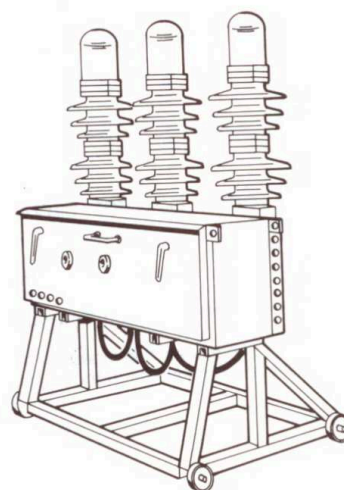
5.1.1. Vypínače 35kV

Původní vypínače byly maloolejové typu VMGV 35 se vzduchovým pohonem. Výrobce tohoto typu vypínače byl národní podnik ČKD. Vzhledem k jejich stáří vykazovali značné netěsnosti a následné úniky oleje do šterkového podloží. Je předpoklad, že betonové jímky pod vypínači nemusely zabránit vsaku oleje do půdy. Hlavním problémem však byl nedostatek náhradních dílů pro tento typ vypínače a i přes každoroční údržbu a přetěšňování je nebylo možno udržet v odpovídajícím stavu.

Z těchto důvodů došlo v roce 1998 ke kompletní výměně za vypínače ABB typu „SACE Esafluor SFE 36-12-25“. Vypínače jsou vybaveny střadačovým elektrickým pohonem SACE ERM 12. Zhášecím a izolačním médiem těchto vypínačů je fluorid sírový SF₆.



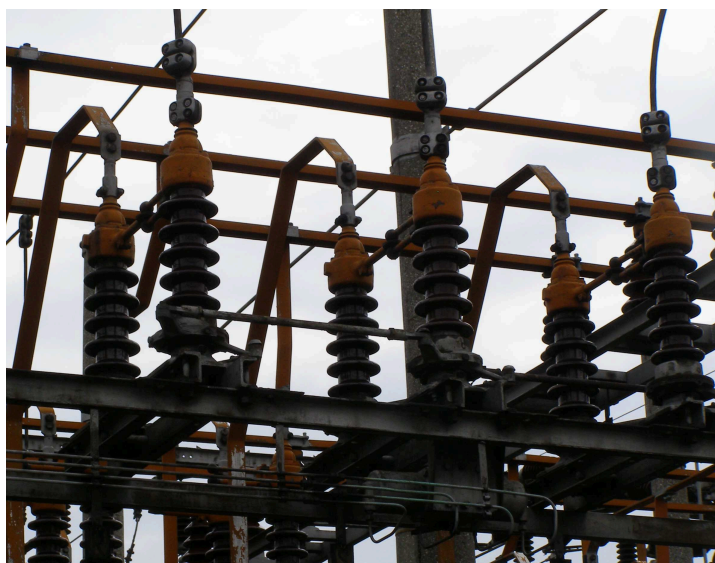
Obrázek č. 14 – Vypínač VMGV 35



Obrázek č. 15 – Vypínač SACE SFE 36-12-25

5.1.2. Odpojovače 35kV

Odpojovače Škoda jsou původní z roku 1962. V rozvodně 35kV jsou osazeny typy ODTV 35/1000 bez uzemňovače a ODTVU 35/1000 s uzemňovačem. Jmenovité napětí je 35kV a jmenovitý proud 1000A. Pohyb ramen odpojovačů je horizontální. Na rámu odpojovače, který tvoří nosnou konstrukci, je umístěn vzduchový pohon typu VP 1090, který je společný pro všechny tři póly. Pohyb pohonu je přenášen na otočné izolátory pomocí táhel. Na rámu odpojovače jsou dále tělesa patních ložisek otočných izolátorů všech tří pólů. Na těchto tělesech je připevněn otočný talíř, který slouží k montáži vlastních otočných izolátorů a k přenášení vlastního spínacího pohybu. Proudová dráha je namontována na otočných izolátorech. Z přípojnice je proud přiveden na svorník otočné hlavice, namontované na čepičku izolátoru a odtud na kontaktní ramena a na hlavní kontakty odpojovače. [7]



Obrázek č. 16 – Odpojovač ODTV

5.1.3. Přístrojové transformátory napětí 35kV

Přístrojové transformátory napětí (PTN) jsou průběžně měněny v důsledku poruch a v současné době se v rozvodně nachází několik typů. Přístrojové transformátory napětí JV 352 a JV 353 od výrobce ZSE Praha byly dodávány do roku 1995. Následoval typ VTSO 38 od firmy KPB Intra, které byly dodávány do roku 2001. V současné době jsou instalovány PTN od firmy ABB typu TJO 7.

Jednopolové izolované transformátory napětí VTSO 38 a TJO 7 jsou zalévány do epoxidové pryskyřice a JV 352 a JOV 353 jsou s olejovou náplní. Všechny typy jsou navrženy pro izolační napětí 38,5kV.

Jeden vývod primárního vinutí, včetně koncové svorky je izolován od země na úroveň, která odpovídá jmenovité izolační hladině. Další výstup primárního vinutí s příslušnou koncovou svorkou je za provozu uzemněn. Transformátor je vybaven dvěma sekundárními vinutími, kde první slouží buď pro měřicí, nebo jisticí účely a druhé se zapojuje do systému "otevřeného trojúhelníka" u trojfázového systému. Během provozu transformátoru musí být jedna svorka každého použitého sekundárního vinutí a také jedna ze svorek v "otevřeném trojúhelníku" uzemněny. [6]

Technické parametry PTN jsou u všech typů stejné a jsou uvedeny v následující tabulce č. 4. Jmenovitá zátěž je rozdílná podle umístění přístrojových transformátorů do jednotlivých typů odboček a podle období, kdy byly PTN instalovány. V současné době se doporučuje 15 VA u sekundárního a 50VA u pomocného vinutí.

Tabulka č. 4. Technické parametry PTN

Primární vinutí	Sekundární vinutí			Pomocné vinutí		
Primární napětí	Sekundární napětí	Přesnost	Zátěž	Sekundární napětí	Přesnost	Zátěž
[V]	[V]	cl.	[VA]	[V]	cl.	[VA]
35000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	0,5	15, 25, 50, 100, 150	100/3	6P	50, 100

5.1.4. Přístrojové transformátory proudu 35kV

Podobně jako u přístrojových transformátorů napětí je v rozvodně 35kV i pestrá škála přístrojových transformátorů proudu (PTP). Všechny typy jsou od firmy ABB, respektive EJF Brno. Starší PTP jsou PVB 335 a PVB 354. Novější typy pak zastupuje typ TPO 70.12.

Přístrojové transformátory proudu jsou určeny pro venkovní prostředí a jsou navrženy na izolační napětí 38,5kV. Jsou konstruovány jako vícezávitové, s možností přepínání na primární nebo sekundární straně. Počet sekundárních vinutí může být 1 až 4 (obvykle 2 sekundární vinutí), v závislosti na kombinaci technických parametrů (třída přesnosti, zkratový proud, zátěž, nadproudový činitel atd.). Sekundární vinutí jsou používána pro měřicí nebo jisticí účely. Během provozu transformátoru musí být jedna svorka každého použitého sekundárního vinutí a také jedna svorka zkratovaného a nepoužitého sekundárního vinutí uzemněna. [6]

Technické parametry PTP jsou u všech typů stejné. Výjimku tvoří proudové převody, které se liší podle druhu odbočky rozvodny 35kV. Jmenovité sekundární napětí je dáno jmenovitým proudem ochran, jež je v této transformovně 1A. Hodnoty jednotlivých proudových převodů jsou uvedeny v tabulce č. 5.

Zátěž se volí na primárním/sekundárním vinutí 15/30VA a třída přesnosti 0,5/5P cl. Izolační napětí transformátorů je 38,5/80/180kV:

- 38,5kV – Nejvyšší napětí soustavy
- 80kV – Zkušební střídavé napětí po dobu jedné minuty
- 180kV – Zkušební napětí impulsní

Tabulka č. 5. Proudové převody PTP

Typ odbočky	Proudový převod [A]
2 x HDO	75 / 5
2 x Transformátory	600 / 1
1 x Spojka 35kV	400 / 1
3 x venkovní vedení	400 / 1
6 x venkovní vedení	300 / 1
3 x venkovní vedení	200 / 1

5.1.5. Ostatní zařízení rozvodny 35kV

Vývodová pole linek a transformátorů jsou vybavena svodiči přepětí MWK 39, které tvoří ochranu střídavých sítí proti opakovaným atmosférickým a spínacím přepětím a proti velmi rychlým přechodovým jevům (VFT).

Technické údaje svodičů přepětí MWK 39:

- Jmenovité napětí $U_r = 48,8\text{KV}$
- Maximální trvalé provozní napětí $U_c = 39\text{KV}$
- Jmenovitý výbojový proud $I_n (8/20 \mu\text{s}) = 10\text{kA}$
- Rázový impulsní proud $I_{hc} (4/10 \mu\text{s}) = 100\text{kA}$
- Zkratová odolnost $I_s = 20\text{kA}$ po dobu 0,2 s

Rozvodna 35kV je osazena řídicími ventilovými skříněmi typu RVS s pneumaticko-mechanickým pravítkovým blokováním a zpětným hlášením. S pohony odpojovačů je spojena vždy 4 trubicemi přes dvojventil a to dvěma hlavními pro ovládání a dvěma pro zpětné hlášení. Každý ventil je opatřen zpětným hlášením, blokovacími pravítky a odblokovacím uzávěrem s příslušenstvím. Na čelních dveřích jsou namontována ochranná dvojvíčka a schéma vývodu. Celkové uspořádání řídicí skříně je v příloze č. II.

5.2. Transformátory

Transformovna je vybavena dvěma transformátory 110/35kV EBG o výkonu 40MVA. Stání transformátorů je nekryté venkovní. Uzel 110kV je uzemněn přímo na zemnicí soustavu stanice, uzel 35kV je uzemněn přes klíčovací odpojovače a kompenzační tlumivku. Klíčovací odpojovače jsou umístěny u venkovního stání tlumivek. Přívod k transformátorům ze strany 110kV je proveden lanem ALFE 350/59. Připojení sekundární strany výkonového transformátoru je provedeno lanem ALFE 750/43 mm² z průchodek stroje.

Elektrické parametry transformátorů:

- Jmenovitý průchozí výkon (kapacita transformace) 2x 40 MVA
- Jmenovitý kmitočet 50 Hz
- Jmenovité napětí strany vyššího napětí 110 kV
- Způsob uzemnění neutrály TT (účinně uzemněna)
- Jmenovité napětí strany nižšího napětí 35 kV
- Způsob uzemnění neutrály IT (izolovaná)
- Spojení transformátorů YNyn0/(d).

Kompletní technické parametry transformátorů jsou v příloze č. III.

5.3. Rozvodna 110kV

Rozvodna 110kV je v současné době dvěma přípojnícemi W11 a W12. Tyto přípojnice jsou lanové, s průřezem ALFE 350/59 mm², zavěšené pomocí skleněných izolátorů na starých železobetonových portálech. Přípojnicové odpojovače jsou se vzduchovým pohonem typu ODTV 110/1600, vývodové odpojovač s uzemňovačem jsou typu ODTVU 110/1600. Spínače jsou s olejovým zhášecím médiem a vzduchovým pohonem. Z důvodu havarijního stavu přístrojových transformátorů proudu a napětí byly v roce 2010 vyměněny. Ostatní zařízení je původní z roku 1962, kdy byla transformovna uvedena do provozu.

Veškeré zařízení rozvodny 110kV je v havarijním stavu s výjimkou přístrojových transformátorů. Na izolátorech přípojníc se objevují prasklinky a jsou již na konci své životnosti. Vypínače jsou maloolejové a vykazují značné netěsnosti. Diagnostická měření dále ukazují značný nesouhlas při spínání jednotlivých pólů. Odpojovače na vzduchový pohon jsou nespolehlivé a dochází k velice častým únikům tlakového vzduchu. Rekonstrukce rozvodny 110kV je dále nezbytná z důvodů zvýšení zkratové odolnosti a nutnosti rozšíření rozvodny o další vývod 110kV.

V současné rozvodně jsou vyzbrojena pole č. 2, 3, 4, 5, 6. Stávající osazení jednotlivých polí je v následující tabulce č. 6. V příloze č. IV je jednopólové schéma stávající Ro1 110kV.

Tabulka č. 6. Vyzbrojení polí 110kV přístroji

Pole	Odbočka	Vypínač	Proudové PT	Kombinované PT	Přípojnicové odpojovače	Vývodové odpojovače	Svodiče přepětí
Označení		QM	TA1	TW1	Q1 Q2	Q6 a Qe6	FV1
2.	T 102	VEL 110	JOV 123	x	ODTV 100/1000	x	VR 110Z
3.	T 101	VEL 110	JOV 123	x	ODTV 100/1000	x	VR 110Z
4.	V 1102	VEZL 110	x	EJOV 123	ODTV 100/1000	ODTVU 100/1000	x
5.	V 194	VEZL 110	x	EJOV 123	ODTV 100/1000	ODTVU 100/1000	x
6.	SP	VEZL 110	JOV 123	x	ODTV 100/1000	x	x

5.3.1. Vypínače 110kV

Vypínače jsou maloolejové typu VEL 110 a VEZL 110 se vzduchovým pohonem. Výrobce těchto vypínačů byl národní podnik ČKD. Oba typy vypínačů vykazují značné netěsnosti a následné úniky oleje do šterkového podloží.

Vypínač VEL 110 se sestává ze tří pólů, které jsou připevněny na společném rámu. Všechny tři póly mají jeden společný vzduchový pohon, který slouží pouze k zapínání. Vypínání se děje vypínací pružinou ve válci, jež se pohybem pístu při zapínání stlačí. Kotva vypínacího magnetu je přímo spojena s pružnou západkou a zarážkou. Každý pól vypínače se skládá ze dvou částí a to z podpěry a průchodky. V průchodce je umístěna zhášecí komora, v podpěře pak pohánecí ústrojí.

Rozdíl mezi oběma typy vypínačů VEL 110 a VEZL 110 spočívá v pohonu jednotlivých pólů (obr. č.17 a č.18). Vypínače VEL 110 mají všechny tři póly umístěny na společném rámu a mají pouze jeden společný vzduchový pohon. Vypínače VEZL 110 mají každý pól mechanicky oddělen a každý pól má svůj vlastní vzduchový pohon. Řez maloolejovým vypínačem typu VEL110 je v příloze č. V.

Diagnostické zkoušky prováděné na těchto vypínačích vykazují značné zhoršování stavu přístrojů. Téměř po každé revizi je zjištěna nesoudobost časů při vypínání jednotlivých pólů a je nutné přesné nastavení spínacích magnetů jednotlivých pólů.



Obrázek č.17. Vypínač VEL110



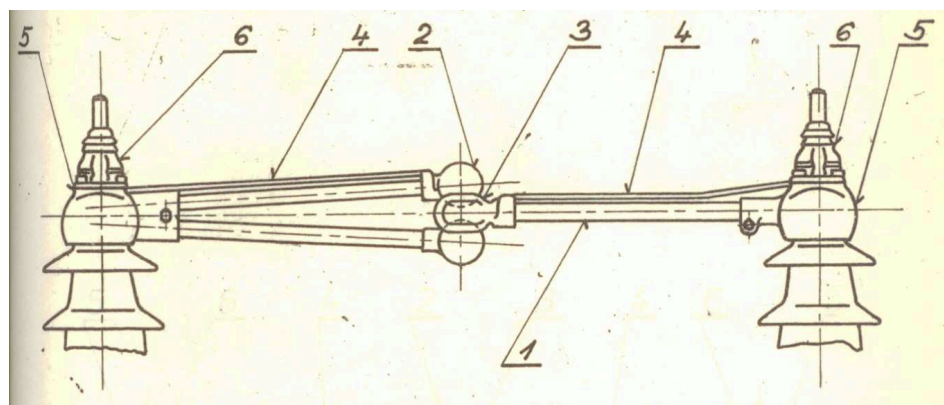
Obrázek č.18. Vypínač VEZL 110

Vybrané technické parametry vypínačů VEL110 a VEZL 110.

- Jmenovitý proud 600A
- Jmenovitý vypínací proud 13kA
- Jmenovitý zapínací proud 33kA
- Doba zapínání 0,23 s
- Doba vypínání 0,06 s
- Doba cyklu OZ..... 0,3 s
- Váha oleje..... 550 kg
- Objem vzduchojemu..... 260 l
- Tlak ovládacího vzduchu..... 4,5 MPa

5.3.2. Odpojovače 110kV

Odpojovače Škoda jsou původní z roku 1962, obdobně. Přípojnicové odpojovače jsou se vzduchovým pohonem typu ODTV 110/1000, vývodové odpojovače s uzemňovačem jsou typu ODTVU 110/1000. Pohyb ramen odpojovačů je horizontální. Na rámu odpojovače, který tvoří nosnou konstrukci, je umístěn vzduchový pohon typu VP 1090. Konstrukce odpojovače je obdobná jako odpojovače 35kV. Detail proudové dráhy odpojovače ODTV 110/1000 je na obrázku č. 19.



- | | |
|--------------------|-------------------|
| 1. Ocelové rameno | 2. Dotykové koule |
| 3. Dotykové těleso | 4. Přívodní pásy |
| 5. Horní čepička | 6. Otočná hlavice |

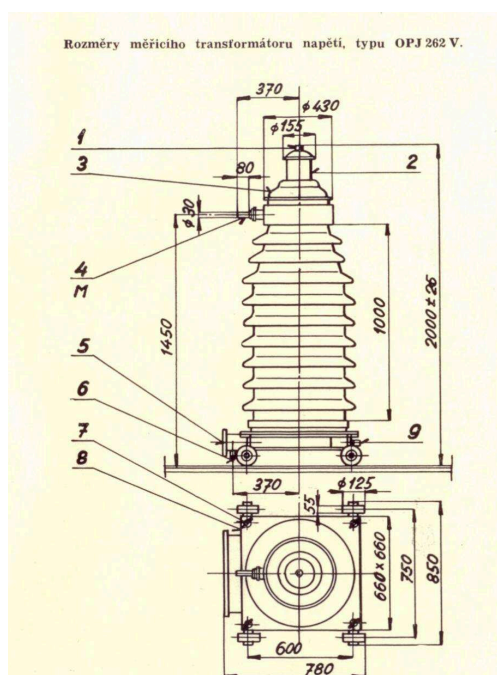
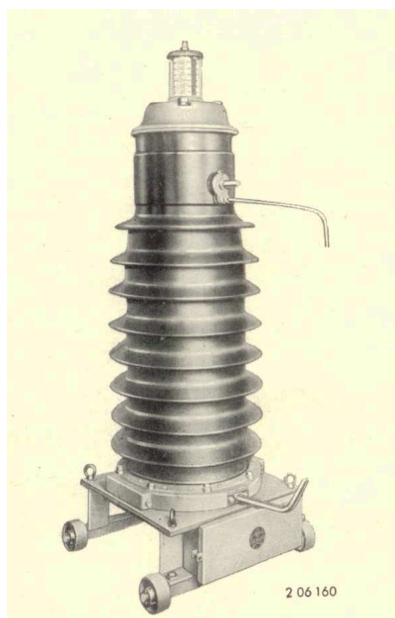
Obrázek č. 19. Detail proudové dráhy odpojovače ODTV 110/100

5.3.3. Přístrojové transformátory 110kV

V rozvodně 110kV jsou nově vyzbrojeny přístrojové transformátory PFIFFNER. Ve vývodových polích jsou nainstalovány KPT typu EJOF 123 s převodem 200-400-800/1-1-1A. V transformátorových odbočkách a v poli spojky přípojníc jsou PTP typu JOF – 123 s převodem 200-400-800/1-1-1A. Popis těchto nových PTP a KPT je v kapitole 6.2.5. K obměně došlo v roce 2010 z důvodu havarijního stavu stávajících PTP a PTN.

Původní PTP byly s olejovou náplní typu TPE 11E (Energoinvest) s převodem 300/1/1/1 A. Jednalo se o rizikové přístroje, jejichž výroba byla v minulosti ukončena a u kterých hrozilo při netěsnosti měchu exploze. U těchto přístrojových transformátorů proudu je třeba dle řádu preventivní údržby provádět každý rok kontroly těsnosti měchů při vypnutém zařízení.

Pole vývodů a spojky přípojníc byly vyzbrojeny přístrojovými transformátory napětí (PTN) OPJ 262. Výrobce těchto PTN byl, stejně jako u PTP, Energoinvest. Popis PTN 110kV typu OPJ 262 je na obrázku č. 20.



- 1 – Průduch
- 2 – Olejovník
- 3 – Víko (pod napětím)
- 4 – Nastavitelný převod
- 5 – Odnímatelné víko

- 6 – Pancéřová ucpávka
- 7 – Závěsný šroub
- 8 – Uzemňovací šroub
- 9 – Výpust' oleje

Obrázek č. 20. - Popis PTN 110kV typu OPJ 262

5.3.4. Ostatní zařízení Ro 110kV

Mezi ostatní zařízení instalovaných v rozvodně 110kV patří ventilové bleskojistky, kterými jsou vybaveny pole transformátorů. Ventilová bleskojistka se skládá z řady jiskřišť a napětově závislých odporových bloků v sérii s jiskřišti. Toto vše je neprodyšně uzavřeno v porcelánovém válci. Jakmile dosáhne napětí na svorkách bleskojistky hodnoty nebezpečné pro izolaci zařízení, nastane okamžitě zapálení jiskřišť, čímž se zároveň připojují napětově závislé odporové bloky. Odpor propouští tak velký proud, že přepětí nemůže přestoupit kritickou hodnotu, rovnající se izolační schopnosti chráněného zařízení. Jakmile napětí na odporu klesne na normální napětí sítě, prochází odporem tak nepatrný proud, že sériové jiskřiště přerušuje následný proud při příštím průchodu proudů nulou. Tedy během setiny vteřiny a bleskojistkou přestane protékat proud. Bleskojistky mají jmenovité napětí 126 kV a jmenovitý výbojový proud 10kA.

Rozvodna 110kV je osazena řídicími ventilovými skříněmi typu RVS s pneumaticko-mechanickým pravítkovým blokováním a zpětným hlášením. Technické řešení ovládacích skříní je stejné jako v rozvodně 35kV. Celkové uspořádání řídicí skříně je v příloze č. III.

5.4. Společná zařízení transformovny

Vlastní spotřeba celé transformovny je napájena ze dvou nezávislých zdrojů přes transformátory 35/0,4 kV vlastní spotřeby (TVS). TVS I je napájen přímo z přípojníc rozvodny 35kV a je umístěn v poli č. 3 Ro35kV. Záložní transformátor TVS II je umístěn v prostoru budovy společných provozů v samostatné kobce. Je napájen z venkovní linky VN 397. V případě výpadku obou zdrojů dojde k automatickému přepnutí na napájení ze staničních baterií. V tomto případě jsou napájeny pouze ochrany, řídicí systém, nouzové osvětlení a pohony přístrojů. Ostatní zařízení je mimo provoz. Baterie jsou typu OGI Block 110 a jsou připojeny přes usměrňovače PEG110/30F.

Řídicí systém byl nasazen v transformovně Staré Místo v roce 2004, z důvodu centralizovaného řízení elektrických stanic. Tímto se zrušila i nepřetržitá obsluha transformovny a ovládání bylo převedeno na dispečink v Hradci Králové. Jedná se pouze o provizorní řídicí systém, protože propojení na stávající zařízení je značně problematické. Spínací přístroje jsou nespolehlivé a při manipulacích je neustále vyžadována kontrola obsluhy přímo na místě.

V celé transformovně jsou odpojovače se vzduchovými pohony, a proto je nutný i zdroj stlačeného vzduchu. Dva kompresory jsou z roku 1980 a jejich technické údaje jsou následující:

- Výkon – 7,5kW
- Primární tlak – 21 MPa
- Sekundární tlak – 4,5 MPa
- Výrobce – ČKD Praha
- Rok výroby – 1980

Celý rozvod tlakového vzduchu je v havarijním stavu, objevují se značné netěsnosti přírodního potrubí. Samotný rozvod k jednotlivým prvkům z řídicí skříně se projevuje častým praskáním trubiček a následné nefunkčnosti odpojovačů.

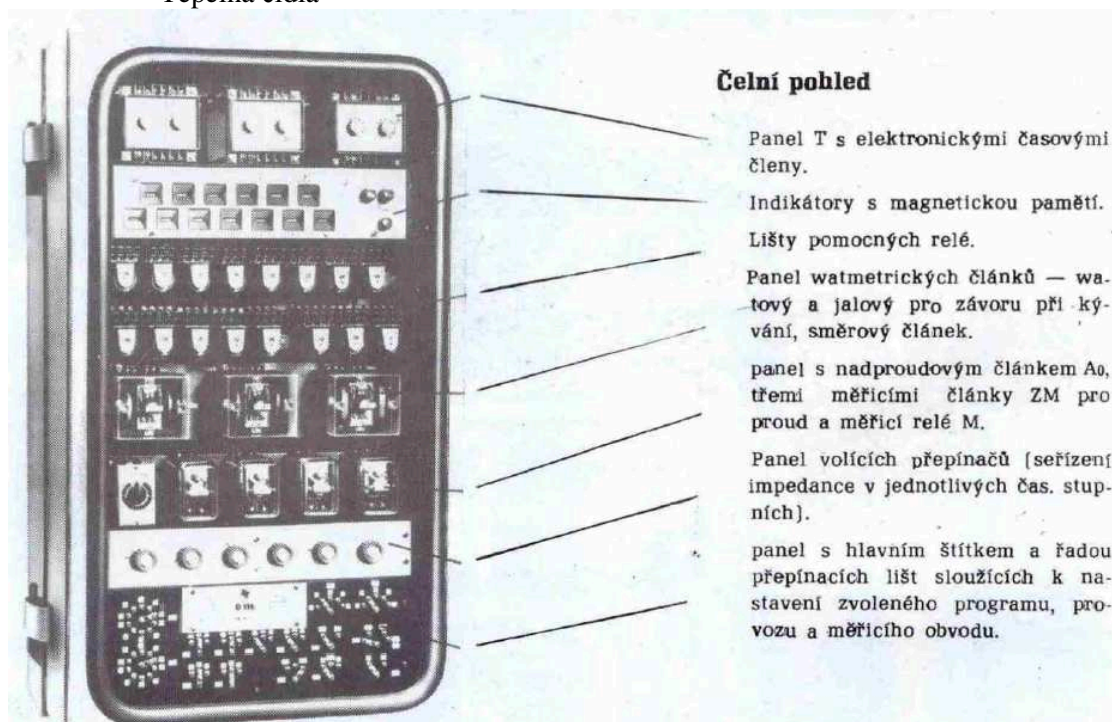
Jednotlivé odbočky rozvodu 35kV a 110kV jsou jištěny ochranami, které pomocí přístrojových transformátorů proudu a napětí získávají informace o jednotlivých veličinách chráněného objektu.

Přípojnice rozvodny 35kV jsou chráněny logickými systémy. Tyto systémy získávají informace od ochrany jednotlivých vývodů a rozlišují následně, zda jde o zkrat přípojnicový nebo vnější. Vývody linek 35kV jsou chráněny distančními ochranami D40. Jednotlivé vývody jsou vybaveny automatikou opětovného zapnutí OZ 31A a automatikou PPN-D pro provoz vývodu s režimem práce pod napětím. Pole spojky přípojnic je vybaveno nadproudovou ochranou AT 31X, pole měření přípojnic blokováním V13.

Vývody linek rozvodny 110kV chrání elektromechanická distanční ochrana D115 (obr.č.20), časovačem nesouhlasu sepnutí jednotlivých pólů a automatikou opětovného zapnutí OZ 111. Pole spojky přípojnic 110kV je osazeno nadproudovou ochranou AT 31X a časovačem nesouhlasu sepnutí.

Transformátory jsou vybaveny následujícími ochranami:

- Automatika HRT 5 – ladění zhášecích zlumivek
- Rozdílová ochrana R30
- Proudová proti přetížení AT12X
- Nadproudová ochrana AT 31X
- Havarijní vypnutí transformátoru HVT – při ztrátě stejnosměrného napětí
- Plynové relé
- Nádobová ochrana
- Tepelná čidla



Obrázek č. 21. - Elektromechanická distanční ochrana D115

6. Návrh silové části rozvodny 110kV

Plánování obnovy a rozvoje zařízení distribuční soustavy je jednou ze základních povinností každého provozovatele distribuční soustavy (zákon č. 211/2011 Sb. v platném znění § 25, odst. 10). Základní principy a zásady tvorby plánu obnovy a rozvoje distribučních soustav a čerpání plánovaných prostředků určují jednotlivé metodiky, které vydávají jednotlivé distribuční společnosti. Dále stanovují koncepci technické politiky pro výstavbu a rekonstrukce elektrických stanic vvn/vn, vn/vn a vn pro distribuční soustavu. Při návrhu rekonstrukce transformovny 110/35kV jsem vycházel z metodik ČEZ Distribuce a.s.

Rekonstrukce transformovny Staré Místo byla vyvolána havarijním stavem přístrojů v rozvodnách 35kV a 110kV. Transformovna 110/35kV Staré Místo byla uvedena do provozu v roce 1962. Od této doby je zařízení provozováno se téměř stejným technologickým vybavením, jako při uvedení do provozu a je naprosto nevyhovující. Totéž se týká i pomocných zařízení jako je kompresorovna, rozvod tlakového vzduchu a ocelové a betonové konstrukce.

Výstavba nového vedení 110kV byla vyvolána potřebou spojit transformovny Staré Místo a Nový Bydžov přenosovým vedením. Nové vedení přinese větší stabilitu při distribuce elektrické energie a možnost zálohového napájení obou transformoven. Dále se nové vedení využije pro přenos v případě hospodárnějšího napájení transformovny Staré Místo.

6.1. Možnosti provedení rozvodny 110kV podle umístění a technických parametrů

Jedná se o rekonstrukci stávající rozvodny 110kV, kde účelem stavby je modernizace nevyhovující rozvodny. V současné rozvodně jsou vyzbrojena pole č. 2, 3, 4, 5, 6. Vybavení jednotlivých polí a jednopólové schéma v příloze V.

Při návrhu rozvodny 110kV je třeba vycházet z požadavků investora, tedy z koncepce elektrických stanic ČEZ Distribuce, a.s. Vždy je nutno posoudit vhodnost jednotlivých řešení pro konkrétní stavbu.

Volba mezi klasickým nebo kompaktním provedení HIS je provedena na základě technicko-ekonomického posouzení. Ekonomické porovnání jednotlivých typů rozveden od jednotlivých výrobců je obtížné, protože výrobci nejsou ochotni sdělovat ceny svých výrobků a to z důvodu konkurenčního boje při výběrových řízeních. Volba přístrojů pro novou rozvodnu je provedena podle katalogového listu a materiálového standardu společnosti ČEZ Distribuce, a.s.

Nově se vyzbrojí pole č. 1 (měření napětí přípojníc) a pole č. 7 (nová linka do transformovny Nový Bydžov). Pole měření napětí přípojníc bude osazeno jednopólovými odpojovači a měřicími transformátory napětí. Pole č. 7 bude vyzbrojeno třípólovým vypínačem, kombinovanými přístrojovými transformátory, vývodovým odpojovačem s uzemňovačem, přípojnícovými odpojovači a svodiči přepětí. Přístroje ve stávajících vyzbrojených polích budou kompletně demontovány a vyměněny. Přístrojové transformátory zůstanou původní. Dále budou vyměněny všechny přípojnice a silové propojení v jednotlivých polích. Všechny přístroje budou osazeny na ocelových stoličkách s ochranou polohou.

Rozvodna 110kV je tedy navržena jako venkovní v klasickém provedení se dvěma poli transformátorů T101 a T102, třemi vývodovými poli V1102 – Bezděčín, V194 – Krasíkov a

novým vývodem směrem na Transformovnu Nový Bydžov, podélným dělením přípojníc a polem měření napětí přípojníc. Jednopolové schéma je v příloze č. VI.

Rozvodna bude dvouřadá, v rozsahu 7 polí. Jednotlivá pole budou mít šířku 10 m. Fázová rozteč mezi přístroji v polích je 2,0 m. Přípojnice jsou lanové a jejich fázová rozteč je rovněž 2,0 m. Výška propojení mezi přístroji nad terénem je minimálně 3800 mm. Výška ukotvení lanových přípojníc je 6,3 m. Výška ukotvení fázových vodičů vedení z rozvodny odcházejících je 10 m nad terénem.

V rozvodně 110kV se demontují ve všech polích vypínače, odpojovače, ovládací skříně, přístrojové transformátory a demontuje se veškeré silové propojení v polích a přípojnice v obou sekcích. Dále se odstraní betonové stožáry pro přípojnice a převěsy k transformátorům.

V nové rozvodně budou vybetonovány patky hlavní ocelové konstrukce, budou osazeny prefabrikované patky POK. Propojení mezi jednotlivými poli bude pomocí betonových kabelových šachet a kabelovodů z korugovaných trubek a také pomocí kabelových tras v polích.

Hlavní ocelová konstrukce (vývodové portály) je kotvena do kalicha železobetonových patek. Pomocné ocelové konstrukce jsou kotveny do prefabrikovaných patek ze železobetonu pomocí lepených kotev. Postaví se stožáry na přípojnice, které se namontují v obou sekcích. Na základy v polích se postaví podpěrné ocelové stoličky, na které se následně osadí přístroje.

Povrch rozvodny bude zatravněn a přístup pod některé přístroje bude po chodnících ze zámkové dlažby. [9]

6.2. Technické řešení rozvodny 110kV

Rozvodna 110kV byla zvolena podle umístění s klasickým venkovním provedením. Volba vnitřní zapouzdřené rozvodny by byla v tomto případě problematickým řešením. Bylo by nutné vybudovat novou budovu a celkově změnit poziční rozložení celé transformovny. Rozvodna se dále nachází v lokalitě s nízkou hladinou prašnosti a zdroji znečištění. Venkovní kompaktní provedení (HIS) je v současné velice častým řešením při stavbách nových rozvodů. U řešení HIS jsou vypínače, odpínače, uzemňovače i měřicí transformátory umístěny kompaktně do plynotěsných tlakových pouzder, takže celé zařízení je velmi malé a odolné proti znečištění. Díky tomu lze uspořít prostor a tím i nemalé částky při výkupu pozemků. Pozemek rozvodny 110kV je však dostatečně velký pro vybudování klasické venkovní rozvodny. Navíc jsou na jednotlivých vývodech instalovány relativně nové přístrojové transformátory z roku 2010, které bude možno využít pro novou rozvodnu. Technické parametry nové rozvodny 110kV jsou uvedeny v tabulce č.7.

Tabulka č. 7 - Hlavní technické parametry rozvodny 110kV [4]

Rozvodna vvn	TR vvn/vn
Rozvodná síť	TT (r)
Jmenovité napětí sítě	110 kV
Počet fází	3
Nejvyšší provozní napětí	123 kV
Jmenovité výdržné napětí při atmosférickém impulzu 1,2/50	550 kV
Jmenovité krátkodobé výdržné napětí při jmenovitém kmitočtu	230 kV
Jmenovitý kmitočet	50 Hz
Zkratová odolnost - tepelná (I_{th}) - 1 sec	31,5 kA
Zkratová odolnost - dynamická (I_{dyn})	80 kA
Minimální jmenovitý proud přípojníc	1600 A
Minimální jmenovitý proud silového propojení odbočky	1600 A
Jmenovité napájecí napětí pohonů přístrojů	230/400 V AC
Jmenovité ovládací napětí přístrojů	110-220 V DC ³⁾
Min. vzdušné vzdálenosti fáze-fáze, fáze-zem a mezi systémy přípojníc	ČSN 33 3201 1150 mm, 3800 mm a 1375 mm
Ochrana živých částí vvn	polohou, min. výška živé části nad terénem je 3800 mm
Ochrana neživých částí vvn	zemněním v síti TT (r) s rychlým vypnutím
Oblast znečištění	I.

6.2.1. Přípojnice 110kV

Počty a průřezy lan a v níže uvedených řešení budou přizpůsobeny očekávaným zkratovým poměrům a provoznímu zatížení transformační stanice. Minimální vzdušné vzdálenosti mezi fázemi systému přípojníc odpovídají ČSN 333201 v platném znění a odolnosti rozvodny dynamickým účinkům zkratových proudů.

Přípojnice mohou být provedeny dvěma způsoby. U nových rozvodn se používá trubek EN AW-6101 B (dříve E-AlMgSi0.5) s minimálním průměrem 100/5, u celkově rekonstruovaných rozvodn budou provedeny buďto z trubek, nebo z lan s minimálními rozměry 758-AL1/43-ST1A (dříve AlFe 750/43). Při realizaci přípojníc z trubek se nemusí budovat přípojnícové portály, ale je nutné vybudovat více podpěrných bodů. U lan je tomu právě naopak. Vzhledem k celkovému dispozičnímu rozložení celé transformovny jsou navrženy přípojnice lanové. [4]

Systémy hlavních přípojníc a jejich odbočky budou tedy provedeny z lan 758-AL1/43-ST1A (dříve ALFE 750/43). Sled uspořádání přípojníc bude následující: W1-W2 (tvar I I). Pomocná přípojnice se v rozvodnách tohoto typu obvykle nepoužívá. Jako kotevní izolátory lanových přípojníc a přetahů budou použity kompozitní izolátory. Přípojnice v polích budou na vhodných místech osazeny zkratovými zemnicími body. Rozložení a uchycení přípojníc je v příloze č. VII.

6.2.2. Vybavení jednotlivých polí 110kV

Osazení polí rozvodny 110kV se liší dle typu odbočky. Celkové schéma Ro 110kV včetně vybavení jednotlivými přístroji je v Příloze č. VI.

Půdorysný sled přístrojů pro jednotlivá pole bude ve směru od hlavní přípojnice následující:

- Přípojnicový odpojovač (pro všechna pole)
- Vypínač (pro všechna pole)
- Kombinovaný přístrojový transformátor proudu a napětí (pole vývodu)
- Přístrojový transformátor proudu (pole transformátoru a pole spínače přípojníc)
- Vývodový odpojovač s uzemňovačem (pole vývodu)
- Omezovač přepětí (pole transformátoru a pole vývodu)

Toto členění se netýká pole č. 1 – Měření napětí přípojníc, které bude vybaveno pouze přípojnicovými odpojovači a přístrojovými transformátory napětí. Osazení omezovačů přepětí do vývodových polí bude provedeno dle PNE 33 0000-9.

Řezy a půdorysy polí jsou v následujících přílohách. Transformátorové pole a pole měření přípojníc jsou v přílohách č. VIII a XI, vývodová pole v přílohách č. X a XI, a pole spojky přípojníc v přílohách č. XII a XIII.

Staničními podpěrkami typu SERW C8-550 budou vybavena transformátorová pole a spojka přípojníc. Osazení podpěrných izolátorů je znázorněno v přílohách řezů a půdorysů jednotlivých polí (příloha č. IX a č. XIII). Podpěrky musí být zkontrolovány, zda vyhovují mechanickému namáhání. Technické údaje podpěrek:

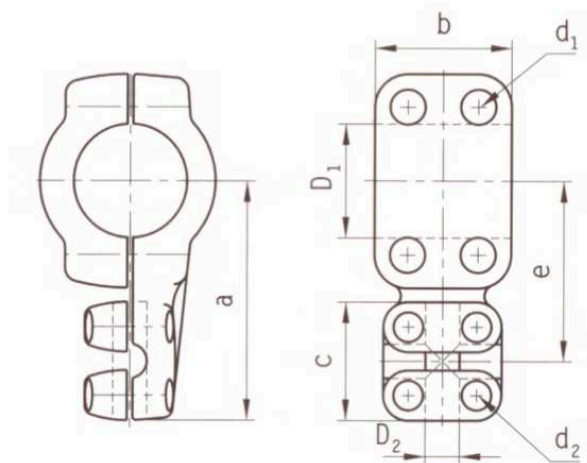
- | | |
|----------------------------|---------|
| - Jmenovité napětí | 123kV |
| - Jmenovitý výdržný impuls | 550kV |
| - Připojovací místo 110kV | příruba |

Silové propojení v polích bude provedeno následujícím způsobem. Od přípojnicových odpojovačů k vypínači budou provedeny z trubek EN AW-6101 B (dříve E-AlMgSi0.5) s průměrem 100/5. Úsek silového propojení od vypínače k přístrojovým transformátorům a dále k vývodovému odpojovači nebo transformátoru bude proveden z lan 758-AL1/43-ST1A (dříve AlFe 750/43).

Svorky rozvodny 110kV jsou voleny dle připojovacích přírub a typu lan a trubek. Katalogové typy svorek jsou od společnosti ELBA Čechy a.s. Soupis svorek je v tabulce č. 8.

Tabulka č. 8 – Soupis svorek rozvodny 110kV

Pozice	Popis	Počet kusů v poli						
		01	1	2	4	5	6	7
1	Svorka přímá (trubka D=100 - Al příruba 4x50, 4xD=14)		9	6	6	3	9	6
2	Svorka kluzná (2 x trubka D=100 - Al příruba 4x50, 4xD=14)		3		3	3	3	3
3	Svorka kluzná přímá (trubka D=100 - svorník D36)		3	3			3	
4	Svorka přímá (lano 750 - svorník D36)		3		6		3	6
5	Svorka přímá (lano 750 - Al příruba 4x50, 4xD=14)	4	6	12	12	6	6	12
6	Svorka 90° (lano 750 - Al příruba 4x50, 4xD=14)				3			
7	Svorka přímá (lano 750 - Al příruba 4x50, 4xD=14)							3
8	T-svorka (svorník D33 - lano 750)	2	3				3	
9	Svorka Al (příruba D=160 - lano 750)		3				3	9
10	T-svorka (lano 750 - lano 750)	2	6	6	6	6	6	6
11	Svorka pevná přímá (trubka D=100 - svorník D36)			3				
12	Svorka Al (příruba D=160 - trubka D=100)			6				
13	T svorka odbočná (trubka D=100 - lano 750)							
14	Svorka proudová lisovaná (lano 750 - lano 750)				3			
15	Svorka proudová (lano 750 - lano 750)							3



Obrázek č. 22 - T svorka odbočná (trubka D=100 - lano 750)

6.2.3. Vypínače rozvodny 110kV

Při výběru typů vypínačů jsem vycházel z katalogového listu a materiálového standardu společnosti ČEZ Distribuce, a.s. a z metodiky DSO_ME_0146r01 - Koncepce elektrických stanic vvn/vn, vn/vn a vn.

Vybavení jednotlivých typů odboček vypínači bude dle této metodiky odlišné. Rozvodna 110kV bude vybavena dvěma typy trojpólových vypínačů se zhášecím médiem SF₆ od výrobce AREVA T&D Energietechnik GmbH, a to GL311 F1 a GL311 F3. Pole vývodů číslo 4, 5 a 7 a pole příčné spojky přípojníc číslo 2 budou osazeny vypínači GL311 F3. Tento typ vypínače má tři pružinové střádačové pohony, každý pro jeden pól. Typ GL311 F1 má pouze jeden pružinový střádačový pohon pro všechny tři póly a bude jimi vyzbrojeno pole číslo 1 a 6, pole transformátorových odboček.

Technický popis vypínačů:

Troj-pólový vypínač SF₆ je ve venkovním provedení, s pružinovými elektromotorickými střádačovými pohony. Mají zařízením proti nežádoucímu opětovnému spínání a blokováním proti zapnutí při nenataženém střádačovém pohonu.

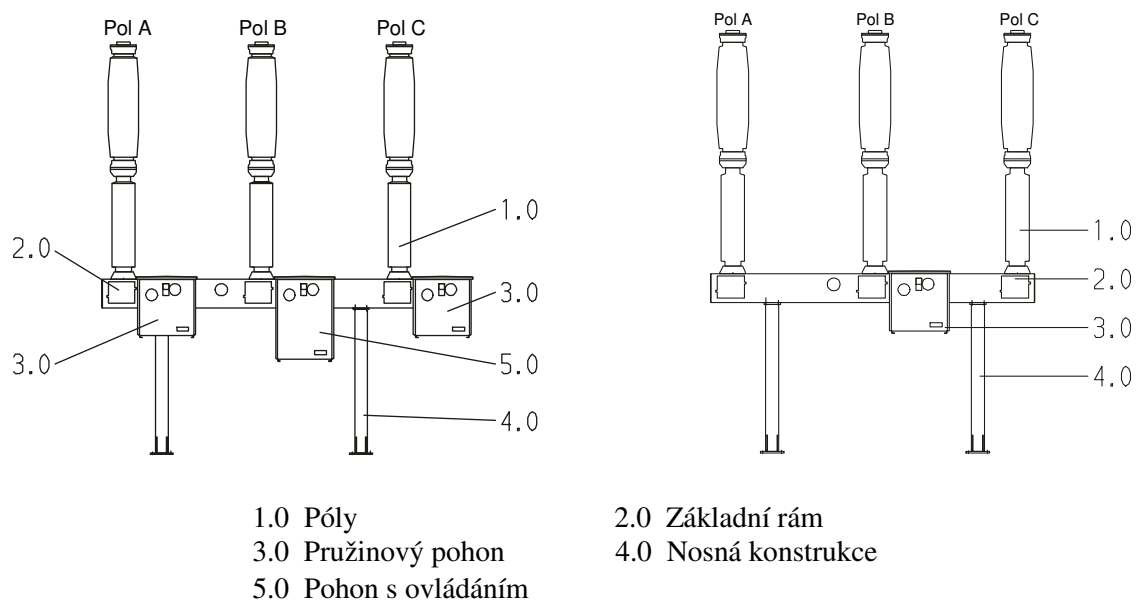
Výkonový vypínač SF₆ se skládá z těchto hlavních částí: pólů, základního rámu, pohonů a nosné konstrukce (stoličky).

Póly se skládají z podpěrného izolátoru, který zajišťuje odizolování samotného vypínače vůči zemi. Dále z komorového izolátoru, ve kterém se nachází samotná zhášecí komora. Póly tvoří společně s trubkami pro rozvod plynu jeden uzavřený prostor. Pohyblivé kontakty zhášecí jednotky jsou spojeny s pohonem přes izolační táhlo, otočné hřídele, páky pólů a spojovací táhla základního rámu.

K přerušení proudu dochází během několika milisekund při přechodu z vodivého do izolovaného stavu. Během vypínacího pochodu vzniká elektrický oblouk, který uhasíná následkem proudění plynu SF₆ ve zhášecí komoře. U výkonových vypínačů SF₆ třetí generace s technologií Double-Motion se potřebný zhášecí tlak plynu vytváří samostatně ve zhášecí komoře pomocí energie oblouku v závislosti na proudu. Pohon dodává pouze energii potřebnou pro pohyb kontaktů a pomocného pístu. Určení prostředí pro vypínače GL 311 je v tabulce č. 9 a nákresy konstrukce vypínačů jsou na obrázku č. 23. [8]

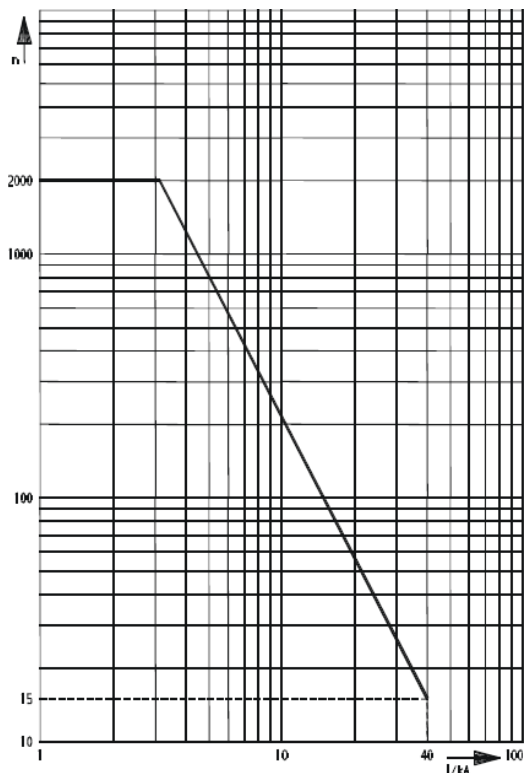
Tabulka č. 9 – Určení prostředí pro vypínače GL 311

Prostředí	VI - venkovní prostor dle PNE 33 0000-2
Teplota okolí	- 33 až + 40°C
Maximální tlak větru / rychlost větru	700Pa / 34ms ⁻¹
Nadmořská výška	do 1000m
Stupeň znečištění dle ČSN 33 0405	I. bez údržby
Tloušťka ledu nebo námrazy	třída 10
Maximální průměrná teplota okolí po dobu 24 hodin	+ 35°C



Obrázek č. 23 – Konstrukce výkonových vypínačů typ GL 311 F1 (vlevo) a GL 311 F3 (vpravo)

Dovolený počet sepnutí ZAP/VYP do výměny opalovacích kontaktů v závislosti na vypínacím proudu je znázorněn v grafu na obrázku č. 24.



Obrázek č. 24 – Dovolený počet sepnutí ZAP/VYP

Pohon se skládá ze samonosné ocelové konstrukce. Ostatní části krytů jsou vyrobeny z hliníkového plechu. K nastřádání potřebné spínací energie jsou používány pružiny, které jsou napínány přes převodovku pomocí elektromotoru. Elektrickým ovládáním zapínací nebo vypínací cívky se uvolní západky a energii pružin je možno použít pro spínání. Energie pružin je přenášena přes páku, přes táhlo pohonu a spojovací táhla na póly vypínače. [8]

Tabulka č. 10 - Základní technické parametry výkonového vypínače GL 311 [8]

Počet pólů (fází)	3
Jmenovité napětí (U_r)	123kV
Jmenovité výdržné napětí při atmosférickém impulsu (U_p)(vrcholová hodnota): proti zemi, mezi póly a mezi rozpojenými kontakty	550kV
Jmenovité jednominutové krátkodobé výdržné střídavé napětí 50 Hz (U_d) (efektivní hodnota): proti zemi, mezi póly a mezi rozpojenými kontakty	230kV
Jmenovitý kmitočet (f_r)	50Hz
Jmenovitý proud (I_r)	3150A
Jmenovitý krátkodobý výdržný proud (I_k)	40kA
Jmenovitý dynamický výdržný proud (I_p)	100kA
Jmenovitý zkratový vypínací proud (I_{sc}) (až do $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$)	40kA
Jmenovitý zkratový zapínací proud (I_{ma}) (až do $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$)	100 kA
Jmenovitý sled spínání	O – 0.3s – CO – 3min - CO
Jmenovitá doba zkratu (t_k)	1s
Zhášecí médium	SF ₆
Jmenovitá doba vypínání (doba rozeprnutí kontaktů) (t_3)	28ms
Jmenovitá celková doba vypínání (t_b)	50ms
Jmenovitá doba zapínání (doba seprnutí kontaktů)	≤ 70ms
Třída z hlediska elektrické trvanlivosti	třída E2
Třída z hlediska mechanické trvanlivosti	třída M2
Jmenovitý vypínací proud při vypínání nezatíženého venkovního vedení (I_i)	31.5A
Jmenovitý vypínací proud při vypínání nezatíženého kabelového vedení (I_c)	140A
Jmenovitá vypínací schopnost malých induktivních proudů (max. činitel přepětí 2,5)	140A

Vypínač GL311 obsahuje hexafluorid sírový (SF_6). Je to plyn bez barvy a zápachu. Čistý plyn SF_6 není dle IEC 376 jedovatý ani neplatí mezi nebezpečné. Následkem působení výbojů a oblouku se plyn SF_6 použitý ve vysokonapětových přístrojích rozkládá a vznikají rozkladné produkty, které mají různou toxicitu. Tyto produkty ohrožují sliznice, dýchací cesty a také jiné nechráněné části těla. Proto je nutné dbát bezpečnostních pokynů pro zacházení s plynem SF_6 .

6.2.4. Odpojovače rozvodny 110kV

Rozvodna 110kV bude vybavena třemi typy horizontálních odpojovačů od výrobce SERW Sedlec, opět dle katalogového listu a materiálového standardu. Pole měření napětí přípojnic bude vybaveno dvěma jednopólovými odpojovači 1SHJ 1220, pro každou přípojnicí jeden (Q1 a Q2) a s připojením do fáze L2. Přípojnicové odpojovače Q1 a Q2 budou ve všech polích a na obou přípojnicích W1 a W2 typu 3SHT 1220. Tři vývodová pole pak budou vyzbrojena ještě vývodovými odpojovači Q6 s uzemňovačem Qe6 typu 3SHTU 1220. Uzemňovač je konstruován na stejnou zkratovou odolnost jako proudová dráha odpojovače. Technické údaje odpojovačů jsou uvedeny v příloze č. XIV.

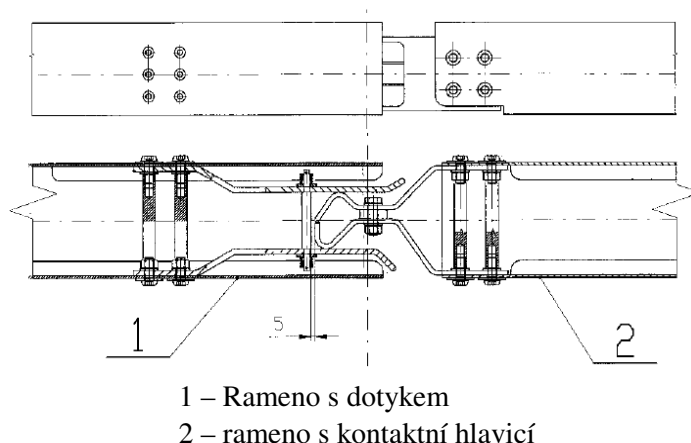
Kompletní sestava odpojovače se skládá z těchto částí:

- Kontaktní ústrojí
- Nosná izolace
- Základní rám s příslušenstvím
- Uzemňovací nůž s příslušenstvím a uzemňovací hlavicí
- Rozváděcí táhla pro spojení jednotlivých pólů u vícepólového uspořádání
- Spojovací hřídele pro vzájemné propojení uzemňovacích nožů u vícepólového uspořádání



Obrázek č. 25 – Přípojnicový odpojovač 3SHT 1220

Kontaktní ústrojí je umístěno na izolačních nosných sloupech (podpěrkách) z elektrotechnického porcelánu, které jsou dimenzovány podle stupně napětí a požadované izolační povrchové cesty. Kontaktní ústrojí je tvořeno dvěma rameny, kontaktní hlavicí, protikontaktem a dvěma přívodními hlavicemi, které umožňují proudovodné připojení na vnější vodiče přes připojovací Cu svorník Ø 36. Převodu proudu z otočného ramene na připojovací svorku je dosaženo pomocí kuželových elementů s pružinami uvnitř přívodní hlavice. Zkratové odolnosti odpojovače je dosaženo vhodným uspořádáním odpružených kontaktů, při kterém elektrodynamické síly vzniklé průchodem zkratových proudů zvyšují kontaktní síly. [10]



Obrázek č. 26 – kontaktní ústrojí odpojovače SHT 1220

Uzemňovač je konstruován na stejný zkratový proud jako odpojovač. Základem je uzemňovací nůž z Al trubky, která je na jednom konci opatřena paralelními Cu kontakty, na druhém konci je pro spojení se základním rámem spojka z Cu ploštěného pletiva. Kinematiku uzemňovacího nože umožňuje pákový mechanismus – Se 4469 N, který umožňuje plynulý pohyb nože při jeho spínání. Uzemňovací hlavice má speciální tvar a náběhové plochy pro bezpečné zavedení kontaktu uzemňovacího nože.

Pro spojení ovládacího mechanismu odpojovače nebo uzemňovače s pohony, umístěnými na nosné konstrukci, slouží v určitém rozmezí stavitelná táhla s klouby. Převod pohybu z vertikálního táhla od pohonu je přes převodní páku a převodní táhlo na patní ložisko jednoho sloupu a pomocí táhla pólu na druhý izolační sloup. Tímto kinematickým uspořádáním je zajištěno ovládání jednoho pólu odpojovače. Pro připojení sousedních pólů slouží další stavitelná táhla na otočných čepech pák.

Proti nežádoucí manipulaci ze strany obsluhy při ručním ovládání je provedeno na odpojovači mechanické blokování odpojovače a uzemňovače u pólu, který je přímo ovládán pohonem. Blokování je dosaženo vzájemnou vhodnou polohou segmentů, z nichž jeden je na ovládacím hřídeli uzemňovače, druhý na patním ložisku. Mechanické blokování doplňuje blokování elektrické, které se provede vhodným elektrickým zapojením souvisejících dalších obvodů. [10]

K ovládání odpojovačů a uzemňovačů se používají pohony, které jsou montovány na stoličku pod prostřední pól. Soustavou pák a táhel se přenáší pohyb z pohonu až na otočné izolátory nesoucí ramena proudové dráhy a na sousední póly. V zapnutém stavu je zajištěn dokonalý převod proudu.

Pro odpojovač i uzemňovač se použijí elektrické pohony s časem pohybu z jedné krajní polohy do druhé cca 5 sekund. Základem pohonu je šnekový převod s brzdícím mechanismem, doplněný motorem, který má řetězový převod. V případě výpadku napájecí energie nebo při seřizování přístroje se může pohon ovládat ruční klikou, která se nasazuje na šnekový hřídel při otevřeném pohonu. Při otevření dveří je znemožněno dálkové ovládání. [10]

6.2.5. Přístrojové transformátory rozvodny 110kV

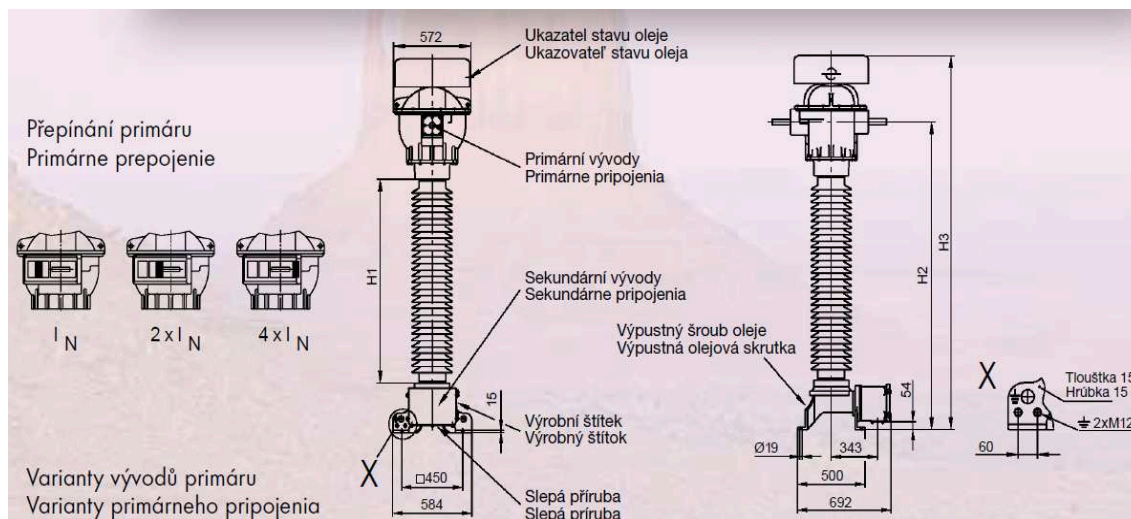
Přístrojové transformátory budou jediným zařízením, které bude po rekonstrukci navraceno zpět na pozici. Jak již bylo uvedeno v kapitole 5.3.3., stávající transformátory proudu a napětí byly vyměněny v roce 2010 a splňují požadavky materiálového standardu investora, tedy společnosti ČEZ Distribuce, a.s. Nově musí být dodány pouze tři kombinované přístrojové transformátory (KPT) do pole nově zbudované linky č. 5, které budou stejného typu a dva PTN do pole Měření napětí přípojníc.

V rozvodně 110kV ve vývodových polích jsou nyní nainstalovány KPT typu EJOF 123 s převodem 200-400-800/1-1-1A. V transformátorových odbočkách a v poli spojky přípojníc jsou PTP typu JOF – 123 s převodem 200-400-800/1-1-1A. Výrobce přístrojových transformátorů je společnost PFIFFNER.

PTP JOF – 123 je s izolací olej – papír. Kovové části jsou z nekorozivního hliníku a nerezové oceli a jejich pouzdro je odolné proti explozi. Pouzdro hlavy, kde je umístěno vinutí se při přetlaku otevře bez roztříštění a je optimalizováno na minimální objem oleje. U tohoto zařízení není nutná údržba. [11]



Obrázek č. 27 – pouzdro hlavy PTP (vlevo) a svorky pro přepojení převodů (vpravo)



Obrázek č. 28 – Přístrojový transformátor proudu JOF - 123

Kombinovaný přístrojový transformátor EJOF – 123 je s izolací olej – papír. Proudový transformátor je umístěn v hlavě a napěťový ve vaně, v podstavci. Kovové části jsou z nekorozivního hliníku a nerezové oceli a jejich pouzdro je odolné proti explozi. Pouzdro hlavy se při přetlaku otevře bez roztříštění a je optimalizováno na minimální objem oleje. U tohoto zařízení není nutná údržba. [11]

Napěťový přístrojový transformátor EOF – 123 společnosti PFIFFNER je také s izolací olej – papír. PTN je umístěn ve vaně, v podstavci.

Tabulka č. 11 – Technické parametry přístrojových transformátorů

Typ		EJOF 123	EOF 123	JOF 123
Nejvyšší provozní napětí	kV	123	123	123
Zkušební střídavé napětí	kV	230	230	230
Nárazové výdržné napětí	kV	550	550	550
Jmenovitý primární proud	A	800	x	800
Jmenovitý sekundární proud	A	1	x	1
Mezní termický proud, 1s	kA	40	40	40
Mezní dynamický proud, 1s	KA	100	100	100
Převod PTP	A	200-400-800/1-1-1	x	200-400-800/1-1-1
Třída přesnosti PTP		0,2 / 5P	x	0,2 / 5P
Výkon vinutí PTP	VA	60 / 60	x	60 / 60
Převod PTN	kV	110/√3/0,1/√3/0,1/√3/0,1/√3	110/√3/0,1/√3/0,1/√3/0,1/√3	x
Třída přesnosti PTN		0,2 / 3P	0,2 / 3P	x
Výkon vinutí PTN	VA	30 / 30	30 / 30	x

6.2.6. Svodiče přepětí

Svodiče přepětí budou nainstalovány v polích transformátorů na pozice dle přílohy č. řez polem transformátorových odboček. Jedná se o svodič přepětí SBKC III společnosti TRIDELTA a je vybrán dle katalogového listu a materiálového standardu společnosti ČEZ Distribuce, a.s. [12]

Tabulka č. 12 – Technické parametry svodičů přepětí TRIDELTA

Parametry	hodnoty
Jmenovité napětí	96kV
Trvalé provozní napětí	77kV
Dočasné převýšení napětí po dobu 1s	110kV
Dočasné převýšení napětí po dobu 10s	104kV
Zbytková napětí	
Atmosférický výboj (8/20 μ s) při výbojovém proudu 5 kA	219kV
Atmosférický výboj (8/20 μ s) při výbojovém proudu 10 kA	230kV
Atmosférický výboj (8/20 μ s) při výbojovém proudu 20 kA	251kV
Atmosférický výboj (8/20 μ s) při výbojovém proudu 40 kA	267kV
Strmý výboj (1/2 μ s) při výbojovém proudu 10 kA	251kV
Spínací výboj (30/70 μ s) při výbojovém proudu 250 kA	184kV
Spínací výboj (30/70 μ s) při výbojovém proudu 500 kA	190kV
Spínací výboj (30/70 μ s) při výbojovém proudu 1000 kA	196kV
Spínací výboj (30/70 μ s) při výbojovém proudu 2000 kA	202kV
Výška h dle prospektu	1169 mm
Povrchová dráha	3873 mm
Váha (přibližná)	27 kg
Jmenovité výdržné napětí za mokra	475kV
Jm. výdržné napětí při atmosférickém impulzu (1,2/50 μ s)	605kV
Jm. výdržné napětí při spínacím impulzu (250/2500 μ s)	395kV

6.2.7. Ovládací skříň, ochrany a řídicí systém

Ovládací skříň rozvodny 110kV budou instalovány do všech polí a budou nerezové v typizovaných rozměrech 1000x500x1800 mm včetně podstavce. Dveře budou jednokřídlé s proskleným výřezem 400x600mm, zadní část ovládací skříň bude opatřena odnímatelným krytem. Kabelový prostor s průchodkami bude oddělen od vlastní skříň krytím minimálně IP54/IP20.

Blokovací podmínky rozvodny 110kV jednotlivých spínacích přístrojů udávají, za jakých podmínek je možno zapínat a vypínat jednotlivé prvky. Dále jsou popsány některé podmínky pro jednotlivé odbočky.

Vývodová pole (pole č. 4,5 a 7):

- Vypínač QM smí být zapnut pouze, jsou-li všechny odpojovače jeho odbočky v definovaném stavu, mimo zemních nožů. Vypnutí vypínače není blokováno.
- Přípojnicové odpojovače Q1 a Q2 se smí ovládat jen při vypnutém příslušném vypínači. Dále musí být blokovány tak, aby se dal spínat jen jeden z nich. Oba odpojovače je možno zapnout pouze při zapnutém vypínači spojky přípojníc, tj. při převádění provozu z jedné přípojnice na druhou.
- Vývodový odpojovač Q6 je možné zapnout a vypnout, jen pokud je vypnut vypínač vývodu a jsou-li vypnuty jeho zemní nože.
- Zemní nože Qe6 vývodového odpojovače se mohou zapnout a vypnout jen tehdy, je-li vývodový odpojovač Q6 vypnut.

Pole transformátorů (pole č. 1 a 6):

- Vypínač QM smí být zapnut pouze, jsou-li všechny odpojovače jeho odbočky v definovaném stavu. Vypnutí vypínače není blokováno.
- Přípojnicové odpojovače Q1 a Q2 mají stejné blokovací podmínky jako pole vývodová.

Spojka přípojníc (pole č. 2)

- Vypínač QM smí být zapnut pouze, jsou-li všechny odpojovače jeho odbočky v definovaném stavu. Vypínač smí být vypnut pouze v případě, nejsou-li v jednotlivých polích sepnuty současně oba přípojnicové odpojovače Q1 a Q2, vyjma pole č. 01 měření přípojníc.
- Přípojnicové odpojovače Q1 a Q2 se smí ovládat jen při vypnutém příslušném vypínači. Odpojovače však mohou být sepnuty společně.

Pole měření přípojníc (pole č. 01)

- Přípojnicové odpojovače Q1 a Q2 nejsou blokovány, protože odpojovače mohou spínat a rozpínat proud PTN a spojení obou nevznikne propojení mezi přípojnícemi.

V rozvodně 110kV budou použity digitální ochrany ABB s komunikací po sériové optické smyčce. Jmenovité vstupní hodnoty ochrany jsou 100V a 1A.

Přípojnice bude chráněna rozdílovou ochranou přípojníc (ROP) REB500sys. Jedná se o nízkoimpedanční ochranu, jejíž spolehlivost je zajištěna dvěma nezávislými kritérii měření a to algoritmem stabilizovaného diferenciálního proudu a algoritmem směrového proudového porovnání.

Vývody 110kV budou vybaveny pouze digitálními distančními ochranami REL 511. Tato distanční ochrana obsahuje současné měření mezifázových a jednofázových zemních impedancí samostatně pro každý typ poruchy a každou distanční zónu. Umožňuje nezávislé nastavení jednotlivých zón.

Transformátory budou chráněny rozdílovou ochranou SPAD 346C3, nadproudovou ochranou primární strany SPAJ 144C se vstupem pro kostrovou ochranu transformátoru, nadproudovou ochranou sekundární strany SPAJ 140C s podpětovým blokováním ochrany SPAU 330C5. Dále je ochrana doplněna třemi nadproudovými relé A15 pro havarijný vypnutí transformátoru. Další ochrany tvoří plynové relé a čidla teploty. Ochrany transformátorů mají dále obvody pro logickou a frekvenční ochranu K regulaci odboček transformátorů budou použity externí regulátory REG-D a pro ladění zhášecích tlumivek automatika ARL.

Pro ovládání bude využit počítačový řídicí systém, kde jeho pomocí bude každé pole je ovládáno z tohoto systému. Přístroje v poli lze též ovládat místně nastavením přepínače v ovládací skříni. Mimo ovládání jsou do řídicího systému signalizovány stavy jednotlivých přístrojů a poruchy od ochrany.

6.3. Výpočty zkratových poměrů

Zkratky zapříčiňují v elektrizační soustavě vznik velkých proudů, které se projevují nepříznivými účinky. Tyto účinky ohrožují bezpečnost provozu soustavy, bezpečnost zařízení a obsluhy elektrických zařízení. Silové, tepelné a indukční účinky jsou vyvolány přímo zkratovým proudem. Poklesem napětí ve zkratovém obvodu má za následek vliv na spotřebiče a na stabilitu rozvodné soustavy. Zařízení je proto nutno dimenzovat, aby těmto účinkům bezpečně odolala.

Pro veškeré výpočty se používá programů vzhledem ke složitosti výpočtů a velkému množství vstupních hodnot. V kapitole 6.3.1. je proveden zjednodušený výpočet zkratové odolnosti pro trojfázový zkrat, který bývá nejvíce nebezpečný z hlediska účinků na elektrické zařízení. Dále je předpoklad napájení strany vn pouze z rozvodny Staré Místo.

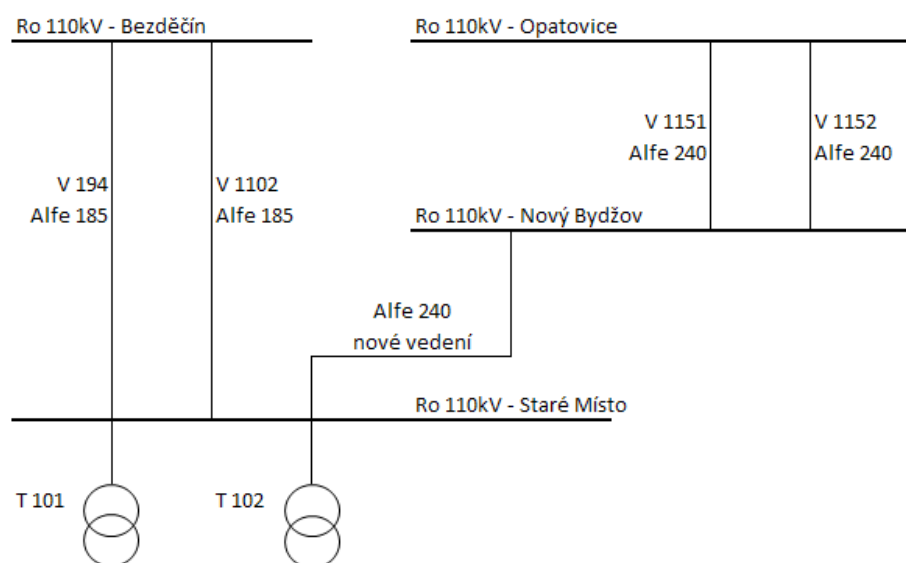
V kapitole 6.3.2 je pouze naznačení výpočtů elektromagnetických účinků zkratového proudu.

6.3.1. Ověření zkratové odolnosti

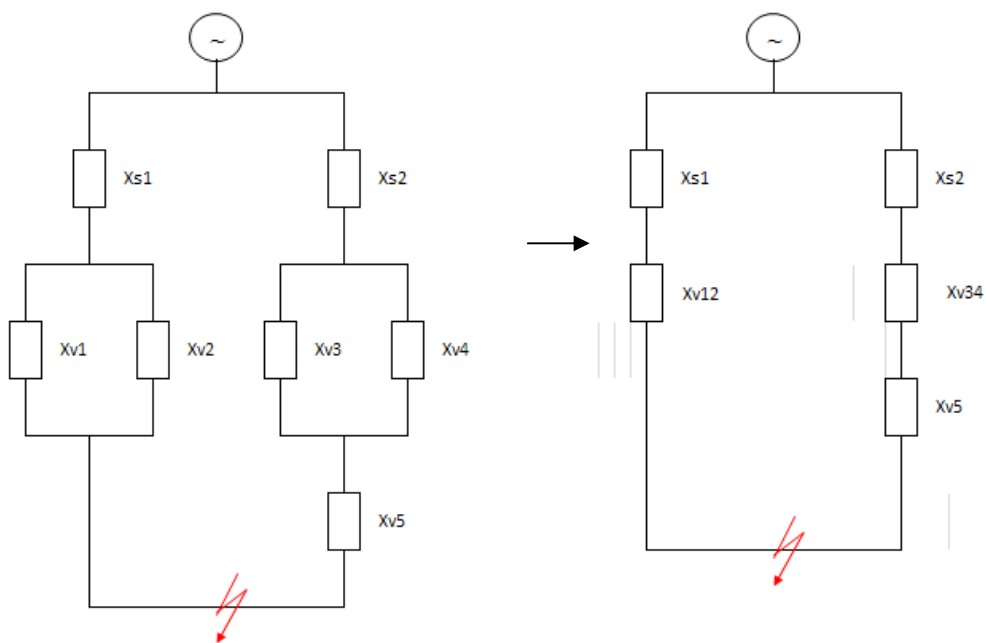
Ověření rázového zkratového proudu vychází ze schématu, ve kterém je naznačeno napájení rozvodny 110kV Staré Místo. Činné odpory vedení budou zanedbány.

Technické parametry:

- | | |
|-----------------------------|---|
| - Ro110kV - Opatovice: | $I''_k = 16\text{kA}$ |
| - Ro110kV – Bezděčín: | $I''_k = 30\text{kA}$ |
| - Vedení V194 – Alfe6 185: | $X_k = 0,4 \Omega/\text{km}, l = 40\text{km}$ |
| - Vedení V1102 – Alfe6 185: | $X_k = 0,4 \Omega/\text{km}, l = 40\text{km}$ |
| - Nové vedení – Alfe6 240: | $X_k = 0,4 \Omega/\text{km}, l = 30\text{km}$ |
| - Vedení V151 – Alfe6 240: | $X_k = 0,4 \Omega/\text{km}, l = 30\text{km}$ |
| - Vedení V152 – Alfe6 240: | $X_k = 0,4 \Omega/\text{km}, l = 30\text{km}$ |



Obrázek č. 29 – Schéma napájení rozvodny 110kV Staré Místo



Obrázek č. 30 – Náhradní schéma sousledných impedancí

Výpočet ve fyzikálních jednotkách:

$$X_{S1} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_k} = \frac{1,1 \cdot 110000}{\sqrt{3} \cdot 16000} = 4,36 \, \Omega$$

$$X_{S2} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_k} = \frac{1,1 \cdot 110000}{\sqrt{3} \cdot 25000} = 2,79 \, \Omega$$

$$X_{V12} = \frac{1}{2} \cdot X_K \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 0,4 \cdot 40 = 8 \, \Omega$$

$$X_{V34} = \frac{1}{2} \cdot X_K \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 0,4 \cdot 30 = 6 \, \Omega$$

$$X_{V5} = X_K \cdot l = 0,4 \cdot 30 = 12 \, \Omega$$

Napájení z Tr Bezděčín:

$$X_A = X_{S1} + X_{V12} = 4,36 + 8 = 12,36 \Omega$$

Napájení z Tr Opatovice:

$$X_B = X_{S2} + X_{V34} + X_{V5} = 2,79 + 6 + 12 = 20,79 \Omega$$

Celková reaktance sítě:

$$\frac{1}{Z_{(1)}} = \frac{1}{X_A} + \frac{1}{X_B} = \frac{1}{j12,36} + \frac{1}{j20,79} = j0,129$$

$$Z_{(1)} = \frac{1}{0,129} = 7,75 \, \Omega$$

Počáteční rázový zkratový proud:

$$I_{K3}'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_{(1)}|} = \frac{1,1 \cdot 110000}{\sqrt{3} \cdot 7,75} = 9 \, kA$$

Zkratový výkon:

$$S_{K3}'' = \sqrt{3} \cdot I_{K3}'' \cdot U = \sqrt{3} \cdot 9 \cdot 10^3 \cdot 110 \cdot 10^3 = 1714 \, MVA$$

Zkratová odolnost všech zařízení navržené rozvodny vyhovují vypočítané hodnotě.

6.3.2. Elektromagnetické účinky zkratového proudu

Elektromagnetické síly jsou způsobeny průchodem proudů vodiči a vyvolávají namáhání na paralelní vodiče. S těmito silami je nutno při dimenzování v rozvodnách počítat.

Při uspořádání tuhých vodičů v jednotlivých kobkách se stejnou osovou vzdáleností fází v jedné rovině je maximální síla na střední vodič při trojfázovém zkratu:

$$F'_{m3} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot i_{p3} \cdot \frac{l}{a_m} \quad [3]$$

kde i_{p3} je vrcholová hodnota zkratového proudu (souměrný zkrat)
 l je maximální osová vzdálenost mezi podpěrami
 a_m je účinná vzdálenost mezi vodiči

Namáhání tuhých vodičů a síly působící na podpěry se bude lišit v závislosti na typu a počtu upevnění. Způsob uchycení vodiče může být provedeno různými způsoby, buď pevně nebo prostě, anebo kombinací obou způsobů. Dále je zde závislost na poměru vlastního kmitočtu a kmitočtem elektromagnetických sil.

Základní vztah pro namáhání vyvolané silami mezi hlavními vodiči je:

$$\sigma'_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_m \cdot l}{8 \cdot Z} \quad [4]$$

kde F_m je maximální síla na střední vodič [3]
 V_r, V_F jsou součinitelé respektující dynamické působení
 β závisí na typu a počtu podpěr

Dovolené namáhání určuje odolnost vůči působení zkratových proudů. Pro jednoduchý vodič musí být splněna podmínka, že ohybové napětí σ_m je menší nebo rovno $q \cdot R_{p0,2}$. Kde q je součinitel plasticity průřezu vodiče a $R_{p0,2}$ je namáhání, odpovídající minimální hodnotě meze průtažnosti materiálu vodiče.

Dynamická síla, působící na podpěry tuhých vodičů je:

$$F'_d = V_F \cdot V_r \cdot \alpha \cdot F_m \quad [5]$$

kde F_m je maximální síla na střední vodič [3]
 V_r, V_F jsou součinitelé respektující dynamické působení
 α závisí na typu a počtu podpěr

Další výpočty se provádějí s ohledem na vlastní kmitání vodiče, kde je nutný výpočet vlastního kmitočtu. Zatížení na staniční podpěrky nesmí být vyšší než výdržné hodnoty udávané výrobcem.

Výpočty pro maximální síly způsobené účinky zkratových proudů pro ohebné vodiče jsou o poznání složitější. Je třeba rozlišit mezi silou tahovou F_t při zkratu a silou tahovou F_f po zkratu, když vodič klesá z vychýlené polohy zpět. Při dvoufázovém a trojfázovém zkratu jsou

namáhání přibližně stejná. U dvoufázového zkratu však dochází k vychýlení vodiče a snižuje se minimální vzdálenost. V případě trojfázového zkratu se střední vodič vychyluje minimálně v důsledku sil působících od krajních vodičů. Z těchto důvodů se počítají síly pro dvoufázový zkrat. [12]

6.3.3. Tepelné účinky zkratového proudu

Vodič v průběhu zkratu odvádí teplo pouze minimálně, a proto je jeho ohřev považován za adiabatický děj, tedy bez odvodu tepla do okolí. Pokud dochází k opakovaným zkratům, nemá ochlazování mezi zkraty žádný význam. V případě delšího bezproudí se již s ochlazováním uvažuje.

Ekvivalentní krátkodobý oteplovací proud vychází z efektivní hodnoty počátečního rázového zkratového proudu I''_k a součinitelů tepelného účinku stejnosměrné a střídavé složky zkratového proudu m a n :

$$I'_{th} = I''_k \cdot \sqrt{m + n} \quad [6]$$

Při více zkratech, které velice rychle následují po sobě, se ekvivalentní krátkodobý oteplovací proud vypočítá:

$$I'_{th} = \sqrt{\frac{1}{T_k} \cdot \sum_{i=1}^n I_{thi}^2 \cdot T_{ki}} \quad [7]$$

kde T_k je doba zkratu

U zařízení omezující zkratový proud udává ekvivalentní krátkodobý oteplovací proud a dobu trvání zkratového proudu výrobce. [12]

7. Zhodnocení návrhu

Při návrhu technického řešení rekonstrukce stávající transformovny 110/35kV jsem vycházel ze skutečnosti, že stávající transformovna je v majetku společnosti ČEZ Distribuce a.s. Vzhledem k tomu jsem se rozhodl při návrhu řešení vycházet z platných metodik a materiálového standardu společnosti ČEZ Distribuce, a.s. Jednalo se především o metodiku DSO_ME_0146r01 - Koncepce elektrických stanic vvn/vn, vn/vn a vn. Zde jsou uvedeny možné způsoby řešení jak při stavbách nových elektrických stanic, tak při rekonstrukcích stávajících elektrických stanic. Metodika umožňuje použití různých způsobů realizace.

Při návrhu rekonstrukce transformovny jsem se soustředil na silovou část rozvodny 110kV. Vždy je nutno posoudit vhodnost jednotlivých řešení pro konkrétní stavbu. Mnou navržené řešení vychází ze zkušeností a technických a částečně i ekonomických ukazatelů. Pro volbu způsobu rekonstrukce jsem upřednostnil venkovní klasickou rozvodnu z několika důvodů.

Vnitřní zapouzdřená rozvodna by byla ekonomicky náročnější, protože by bylo nutno postavit novou budovu místo stávající rozvodny. Pozemek, na kterém se nachází stávající rozvodna je dostatečně rozsáhlý a ani nepříznivé povětrnostní vlivy nejsou v oblasti Jičínska tak časté. Transformovna se dále nachází v oblasti s nízkým stupněm znečištění. Z těchto důvodů je výstavba zapouzdřené rozvodny neopodstatněná.

Dalším možným řešením je vnitřní klasické či kompaktní provedení kryté halou. Toto provedení vyžaduje značný prostor uvnitř budovy a proto je tato realizace rozvodny přípustná pouze v případě rekonstrukce stávající aplikace.

Kompaktní venkovní rozvodny typů HIS a GIS jsou v současné době upřednostňovány hlavně při stavbách zcela nových transformoven. Jejich výhodou je především zapouzdření jednotlivých přístrojů a silových propojení v jednom poli. Celý kompak je s izolací plynem SF₆ a zabírá méně místa, než-li klasické provedení rozvodny. Zvláště v lokalitách se silným znečištěním je toto řešení velmi výhodné.

Přes veškeré výhody kompaktního venkovního provedení jsem se rozhodl pro klasickou venkovní rozvodnu. Jak již bylo uvedeno, transformovna Staré Místo se nachází v oblasti s nízkým stupněm znečištění. Ani úspora místa není pro tuto rozvodnu důležitým faktorem vzhledem velkému pozemku. Možnost využití stávajících přístrojových transformátorů, které jsou relativně nové, hrála hlavní roli v mém rozhodování společně s chudými zkušenostmi s rozvodnami kompaktními.

Volba jednotlivých přístrojů vycházela z materiálového standardu. Tyto standardy jsou výsledkem výběrových řízení, kde se porovnávají veškeré faktory výběru. Z výše uvedených důvodů je toto provedení rozvodny 110kV nejvýhodnější jak z ekonomického, tak z technického hlediska.

8. Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo navrhnout způsob rekonstrukce rozvodny 110kV v transformovně Staré Místo. Důvodem této rekonstrukce je havarijní stav přístrojů a zařízení celé transformovny, která byla uvedena do provozu v roce 1962 a její vybavení se od této doby obnovilo jen v omezeném rozsahu. Rekonstrukce rozvodny 110kV je však upřednostněna z důvodu nutnosti vybudování nové linky 110kV mezi transformovnami Staré Místo a Nový Bydžov. Nové vedení přinese větší stabilitu při distribuce elektrické energie a možnost zálohového napájení obou transformoven.

Požadavek na rekonstrukci a rozšíření rozvodny 110kV Staré Místo vychází z dlouhodobého plánu obnovy sítí společnosti ČEZ Distribuce a.s.

V kapitole č. 4 jsem popsal možnosti provedení rozveden dle jejich umístění a vybavení jednotlivými přístroji.

Kapitola 5 obsahuje popis současného stavu transformovny Staré Místo. Popisují zde jednotlivé přístroje a jejich většinou nevyhovující stav. Provoz nejen rozvodny 110kV je již značně problematický a v dohledné době by mohl mít vliv na nižší spolehlivost v oblasti Jičínska.

Samotný návrh řešení rekonstrukce rozvodny 110kV je uveden v kapitole 6. Rozvodna bude rozšířena o dvě pole a to pole měření napětí přípojníc a pole nově budovaného vedení. Rozvodna 110kV je tedy navržena jako venkovní v klasickém provedení se dvěma poli transformátorů T101 a T102, třemi vývodovými poli, podélným dělením přípojníc a polem měření napětí přípojníc. Vybavení jednotlivých polí jsem řešil dle materiálových standardů, které jsou v současné době platné. Tyto standardy se však aktualizují a není vyloučeno, že pokud se realizace rekonstrukce bude oddalovat, mohou se podstatně změnit.

Na závěr mého návrhu jsem výpočtem ověřil zkratovou odolnost nové rozvodny. Dimenzování na negativní účinky zkratového proudu jsem provedl pouze obecně z důvodu náročnosti výpočtů a nedostupnosti některých vstupních hodnot. Pro konečný návrh je nutné tyto hodnoty přepočítat.

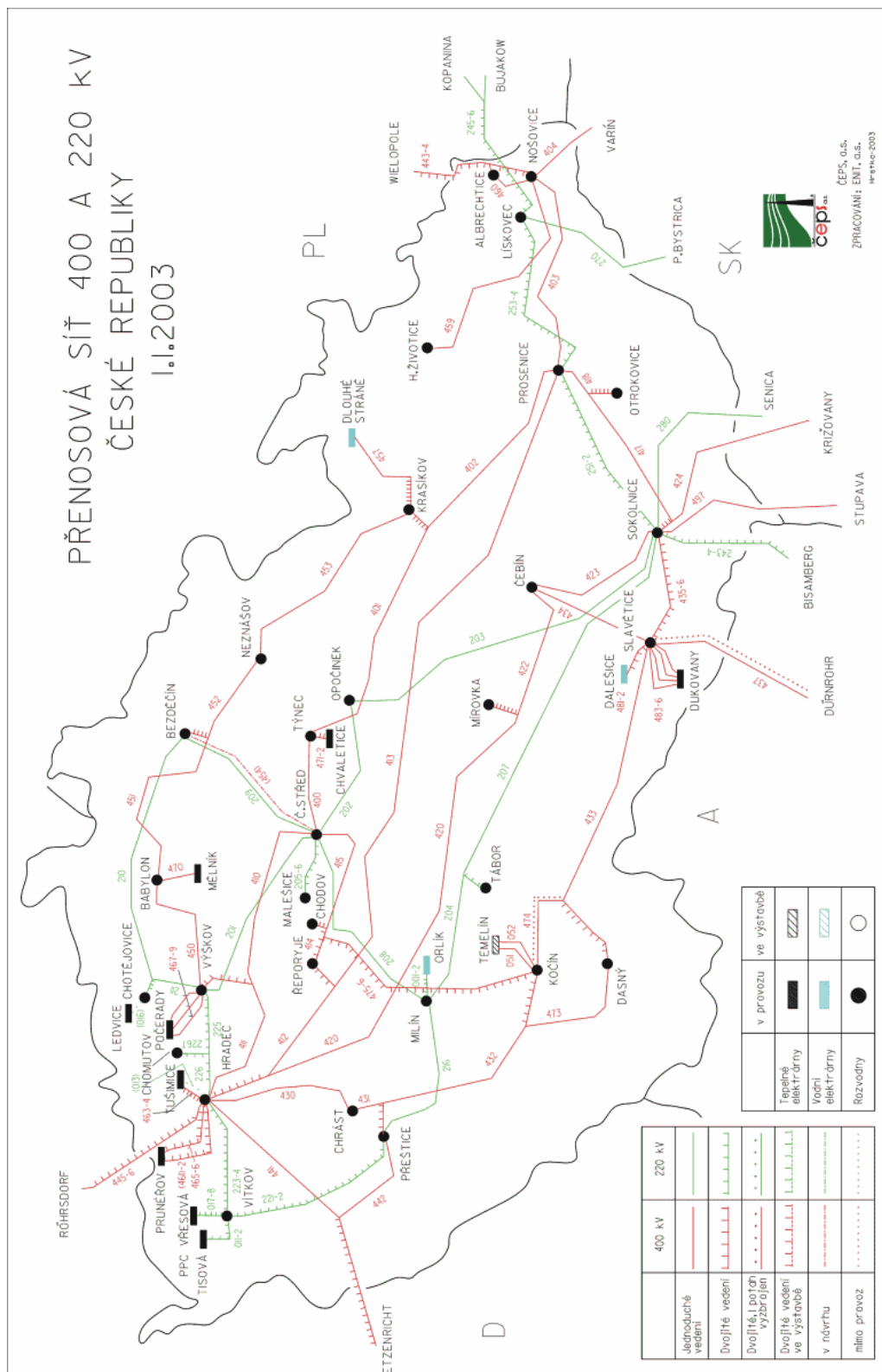
Mé rozhodnutí pro klasické venkovní provedení jsem zdůvodnil v kapitole 7. Vycházel jsem ze znalosti všech mnou popisovaných druhů rozveden a z ekonomického a technického posouzení.

9. Použitá literatura:

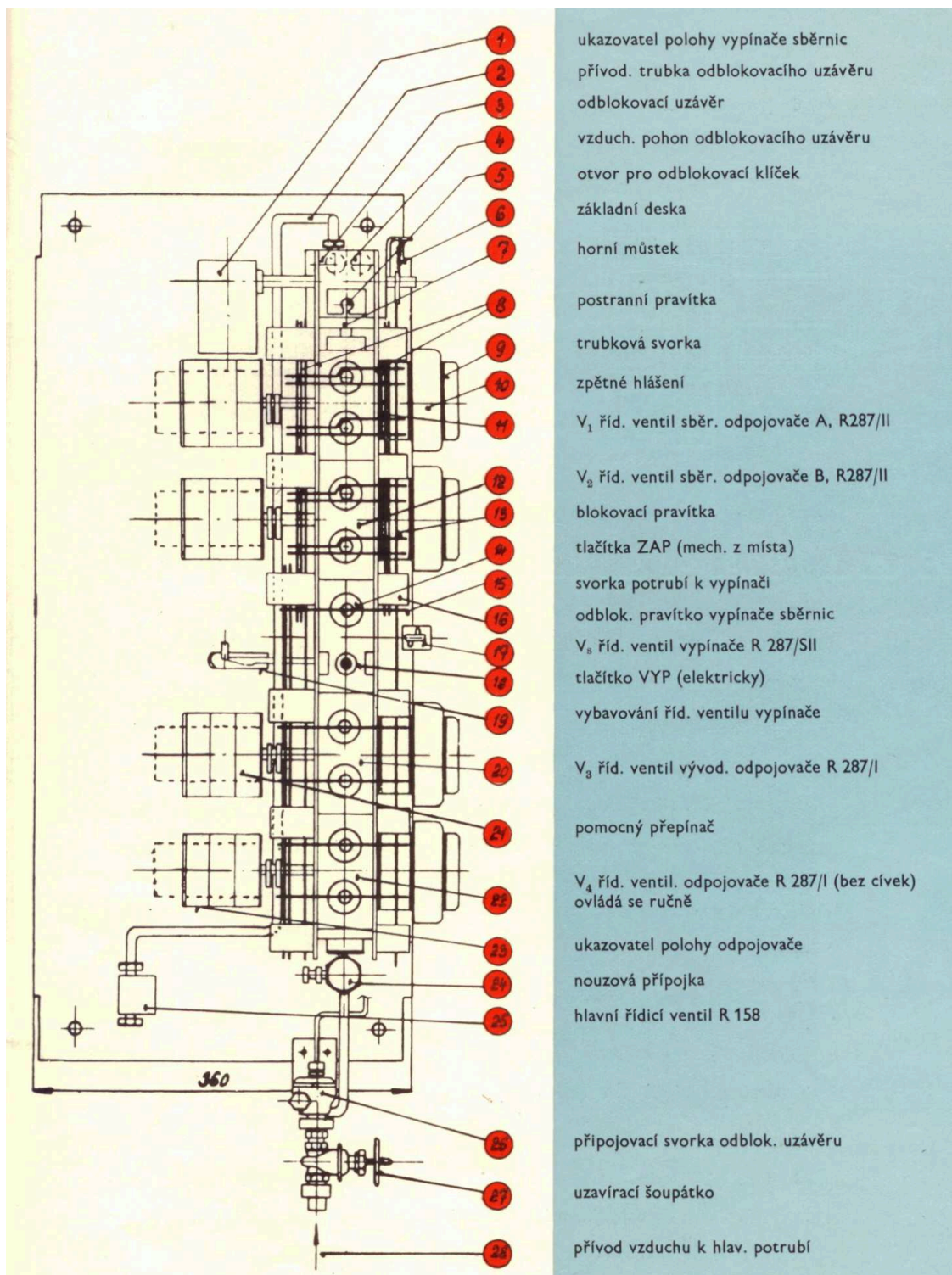
- [1]. Zbyněk Krychtálek, Josef Pauza: Elektrické stanice. SNTL Praha, 1989
- [2]. Zdeněk Hradílek: Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí. VŠB Ostrava, 2008
- [3]. Pavel Santarius, Elektrické stanice a vedení. Skripta VŠB Ostrava, 1979
- [4]. Pavel Potměšil, Martin Peršl: Koncepce elektrických stanic vvn/vn, vn/vn a vn. ČEZ Distribuce, a. s. Děčín, 2011
- [5]. Otto Havelka, Elektrické přístroje. SNTL Praha, 1985
- [6]. ABB: Katalogové materiály. ABB, 1999 - 2011
- [7]. Škoda: Technická dokumentace transformoven Staré Místo. Škoda, 1960
- [8]. Areva: Zařízení VN a VVN pro průmysl a energetiku. Enertis, 2009
- [9]. Alstom: Technická dokumentace transformoven Lipnice a Hlinsko. Alstom, 2000
- [10]. Serw: Katalogy odpínačů a odpojovačů. Serw, Plzeň 2005 - 2010
- [11]. http://www.elpro-energo.cz/download/pristrojove-transformatory/JOF72_245czsk.pdf
- [12]. Zdeněk Trojánek, Josef Hájek, Pavol Kvasnica, Přejídné jevy v elektrizačních soustavách. SNTL Praha, 1987

10. Seznam příloh:

- I. – Přenosová síť ČR 400kV a 220kV.
- II. – Celkové uspořádání řídicí skříně RVS
- III. – Kompletní technické parametry transformátorů
- IV. – Jednopolové schéma stávající rozvodny 110kV
- V. – Řez maloolejovým vypínačem typu VEL110
- VI. – Jednopolové schéma nové rozvodny 110kV
- VII. – Přípojnice 110kV
- VIII. – Řez transformátorového pole (T101 a T102)
- IX. – Půdorys pole transformátorů a pole měření přípojníc
- X. – Řez vývodovým polem (V194, V1102 a pole č. 5)
- XI. – Půdorys vývodového pole (V194, V1102 a pole č. 5)
- XII. – Řez polem spojky přípojníc
- XIII. – Půdorys pole spojky přípojníc
- XIV – Technická data odpojovačů 110kV



Příloha č. I – přenosová síť ČR 400kV a 220kV.



Příloha č. II – celkové uspořádání řídicí skříně RVS

EBG

Třífázový transformátor s přepínačem odboček

Typ staré	5ER 33M			Výrobní číslo	932 901	
	Oprava rok 2001			Tovární číslo	N4832101	
Norma	IEC 76			Rok opravy	2001	
Jmenovitá frekvence	Hz	50	Druh chlazení	ONAN / ONAF	Druh	T
Vinutí / Izolační hladina	kV	P / LI 450 AC 195 - LI - AC 75	S / LI 190 AC 75	V / LI - AC 12	Spojení	YNyn 0 / d
Jmenovitý výkon	kVA	27 000 / 40 000	27 000 / 40 000	8 438 / 12 500		P / S
Jmenovitá napětí	V	127 600	36 750	6 356	Jmenovitá napětí nakrátko	%
	9A, 9, 9B	110 000				11,79
	17	92 400				11,34
						10,11
Jmenovitý proud	A	141,7 / 209,9	424 / 628	443 / 656	Jmenovitý výkon	kVA
Trvalý zkratový proud	kA	2,26	5,68	11,0	Maximální doba zkratu	s
Přepínač odboček	Typ	MR - MS III 300 Y - 72,5 / B - 10 19 3 G			Výrobní číslo přepínače	582 531
	Jmenovitý proud	A			Izolační hladina	LI 350 AC 140
		249,9				

Diagram showing the internal connections of the transformer, including the primary winding (1N, 2N, 3N), secondary winding (1U, 1V, 1W), tap changer (3U1, 3W2), and measurement transformer (1U, 1N, 1W, 1V).

Poloha	Napětí V	Proud A		Regulace jemně	Regulace hrubě
		ONAN	ONAF		
Primární napětí					
Spojení: 1N - 1U - 1V - 1W					
1	127 600	122,2	181,0	1	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="width: 10px; height: 100px; border-left: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; justify-content: space-between; width: 10px;"> 0 + 0 - </div> <div style="width: 10px; height: 100px; border-left: 1px solid black; margin-left: 5px;"></div> </div>
2	125 400	124,3	184,2	2	
3	123 200	126,5	187,5	3	
4	121 000	128,8	190,9	4	
5	118 800	131,2	194,4	5	
6	116 600	133,7	198,1	6	
7	114 400	136,3	201,9	7	
8	112 200	138,9	205,8	8	
9A				9	
9	110 000	141,7	209,9	K	
9B				1	
10	107 800	144,6	214,2	2	
11	105 600	147,6	218,7	3	
12	103 400	150,8	223,3	4	
13	101 200	154,0	228,2	5	
14	99 000	157,5	233,3	6	
15	96 800	161,0	238,6	7	
16	94 600	164,8	244,1	8	
17	92 400	168,7	249,9	9	
Sekundární napětí					
Spojení: 2W - 2V - 2U - 2N					
	36 750	424	628		

Měřicí transformátor proudu	Označení	Zapojení	A	VA	Třída	Celková hmotnost	t
						75,4	
						60,6	
						32,9	
						20,7	

T 27 735 A2 - 3 - CZ

N4832101

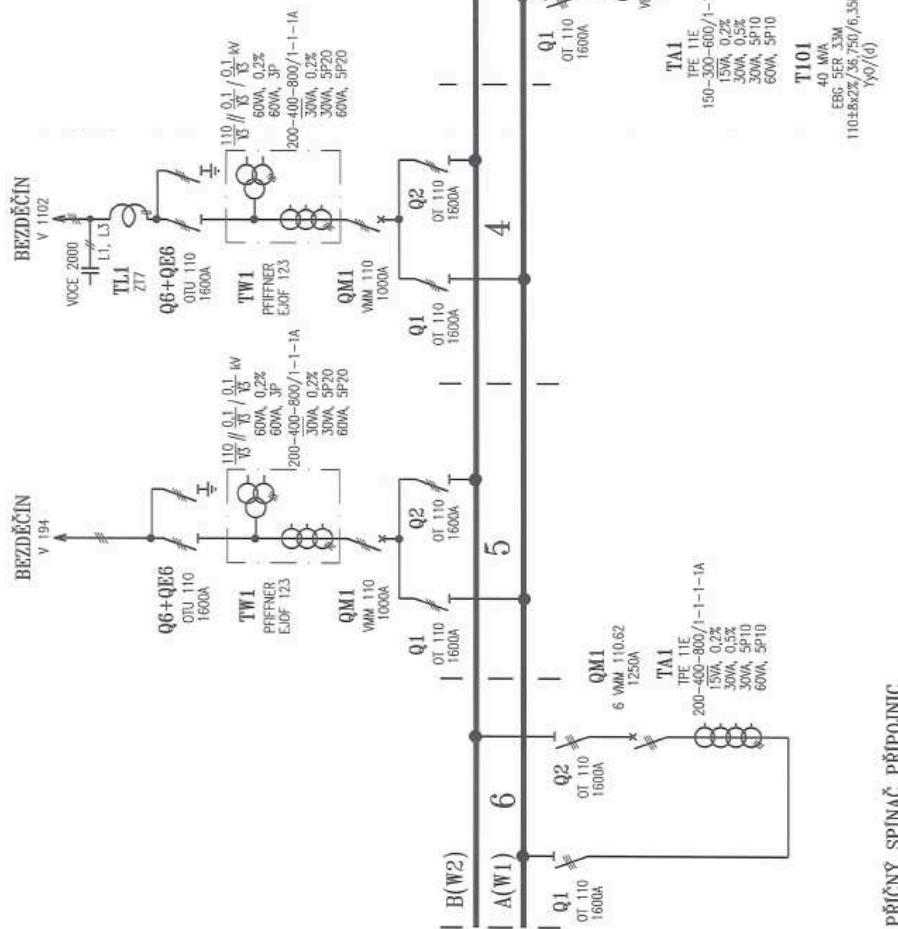
VA TECH EBG Transformatoren GmbH & Co
 Linz - Austria

Příloha č. III – technické parametry transformátorů.

AEA – 3 ~ 50Hz, 110kV

PARAMETRY ROZVODNY AE 110 kV:

PROVEDENÍ	VENKOVNÍ
NAPEŤOVÁ SOUSTAVA	3 ~ 50Hz 110 kV – TT
JMENOVITÉ NAPĚTÍ	110 kV
NEJVYŠŠÍ PROVOZNÍ NAPĚTÍ	123 kV
JMENOVITÝ PROVOZNÍ PROUD – PŘELOŽNÍ ODBĚR	800 A
	800 A
ZKAT. VÝKON ROZVODNY	2 500 MVA
VÝPOČÍTANÝ ZKAT. PROUD – I_{sk}	5,05 kA
OVLÁDACÍ NAPĚTÍ	110 Vss
POHYBNÝ ODPJOVACÍ (MIMO POLE AEA2, AEA4)	TLAKOVÝZDVIŽNĚ, 0,5 MPa
POHYBNÝ VÝPÍNAČ	TLAKOVÝZDVIŽNĚ, 0,5 MPa



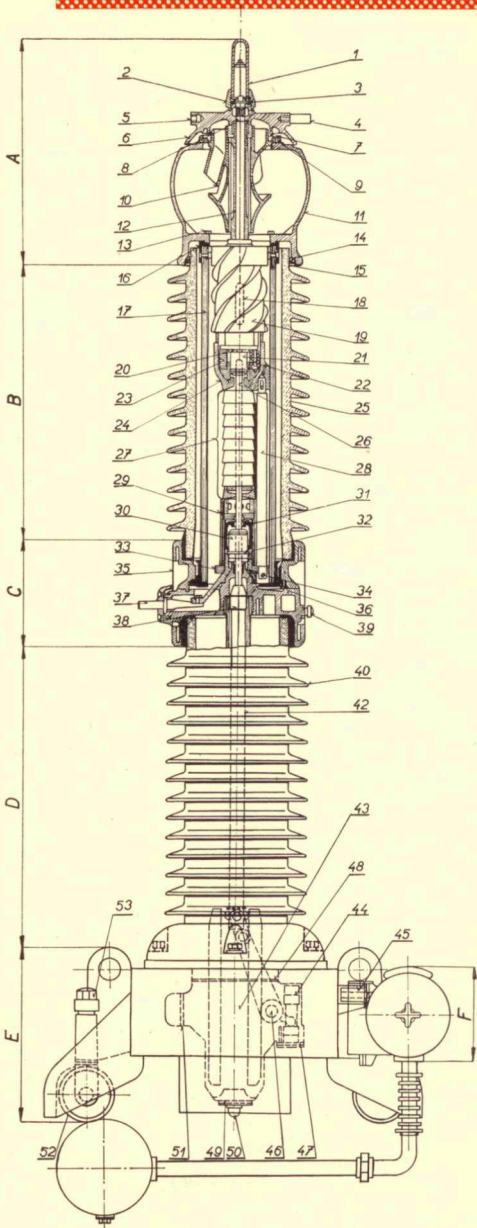
Příloha č. IV – Jednopolové schéma stávající rozvodny 110kV

PINAČEM TYPU VEL 110

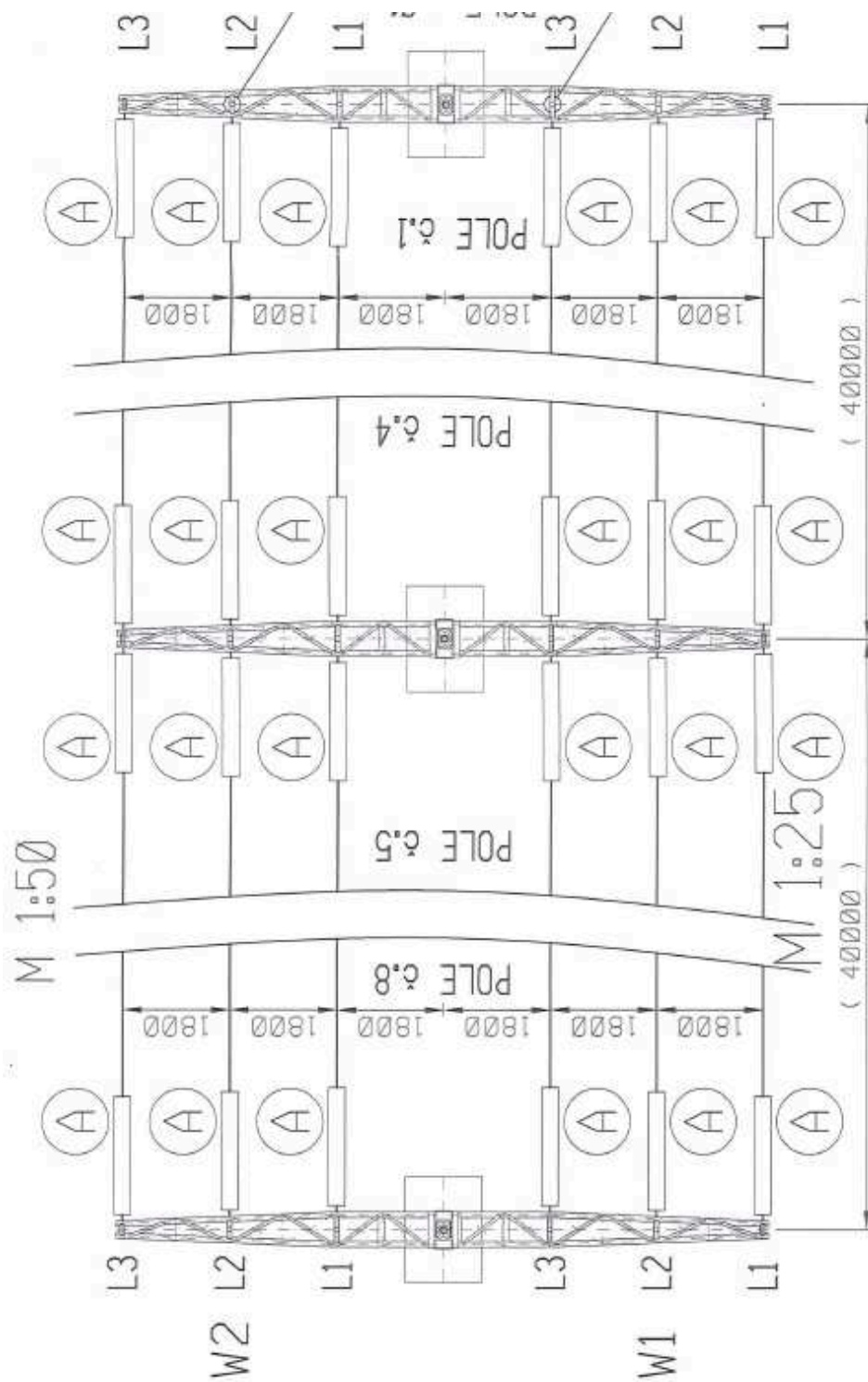
Obr. č. 1.

Vysvětlivky k obr. č. 1.

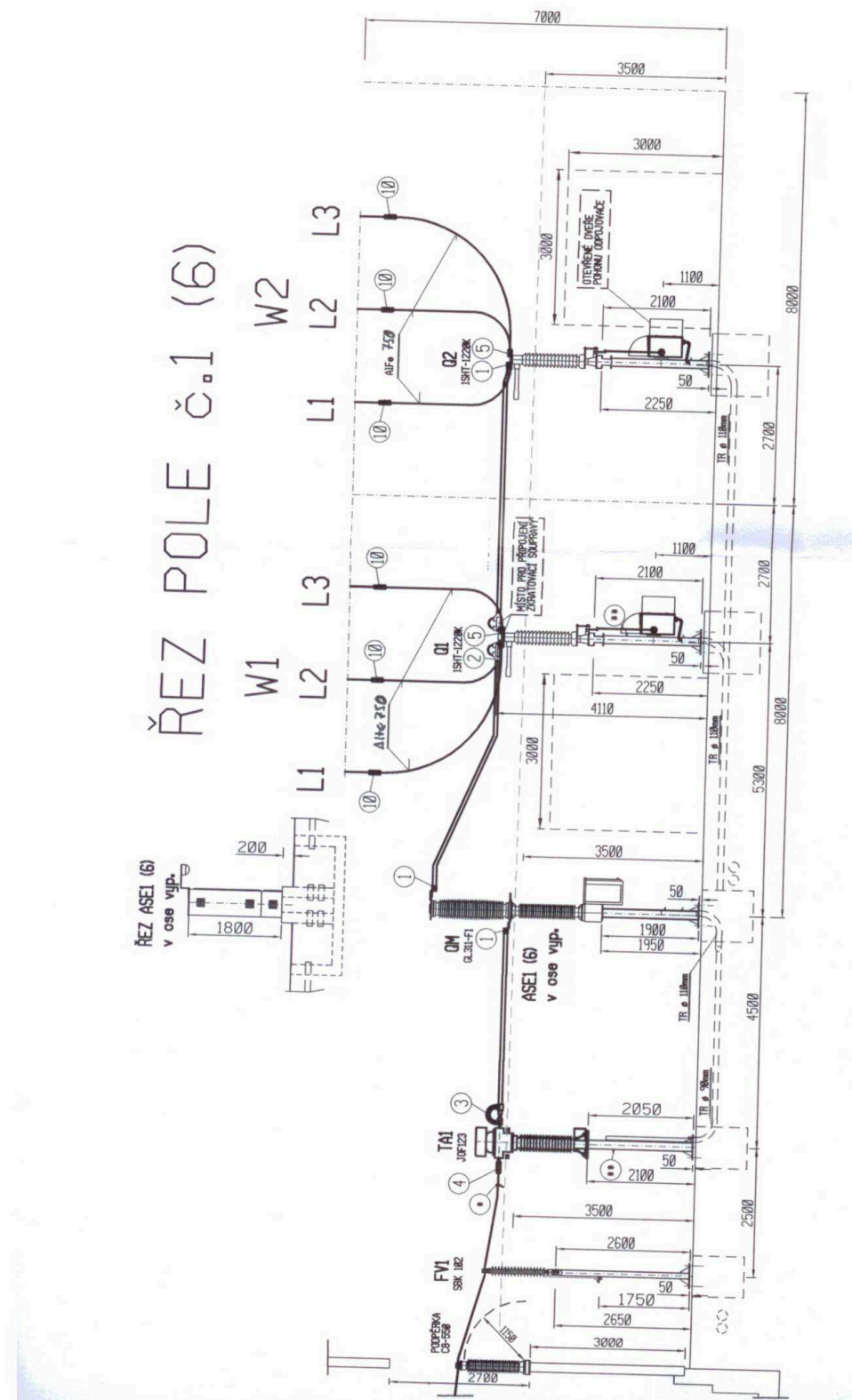
- 1 — skleněný kryt ukazatele náplně
- 2 — těsnění ukazatele náplně
- 3 — víčko
- 4 — horní vývodní svorník
- 5 — zátk
- 6 — horní víko
- 7 — šrouby nástavce
- 8 — vyrovnávací podložka
- 9 — těsnění
- 10 — nástavec
- 11 — kulová uzávěrka
- 12 — proudová trubka
- 13 — upevňovací šrouby kulové uzávěrky
- 14 — gumové těsnění kulové uzávěrky
- 15 — stahovací kruh
- 16 — těsnění
- 17 — izolační válec
- 18 — plovák
- 19 — srážecí vložka
- 20 — pojišťovací plech
- 21 — horní kontaktní růžice
- 22 — vodičí čepy
- 23 — pružiny
- 24 — vyzařovací hlavice
- 25 — průchodka
- 26 — spínací svorník
- 27 — zhášecí vložky
- 28 — nosné tyče
- 29 — vodičí trubka
- 30 — dolní kontaktní růžice
- 31 — vyzařovací čapka
- 32 — pojišťovací plech
- 33 — nosná deska
- 34 — kolíky
- 35 — plechový kryt
- 36 — těsnění
- 37 — dolní vývodní svorník
- 38 — hlavice spínacího táhla
- 39 — šroubení pro výměnu oleje z průchodky
- 40 — podpěra
- 42 — izolační spínací táhlo
- 43 — spínací ústrojí
- 44 — tlumič
- 45 — upevnění vzduch. pohonu
- 46 — poháněcí hřídel
- 47 — těsnění tlumiče
- 48 — těsnění skříně
- 49 — těsnění
- 50 — šroubení pro výměnu oleje v podpěře
- 51 — těsnění
- 52 — pojízdná kolečka
- 53 — krycí matice otočných koleček



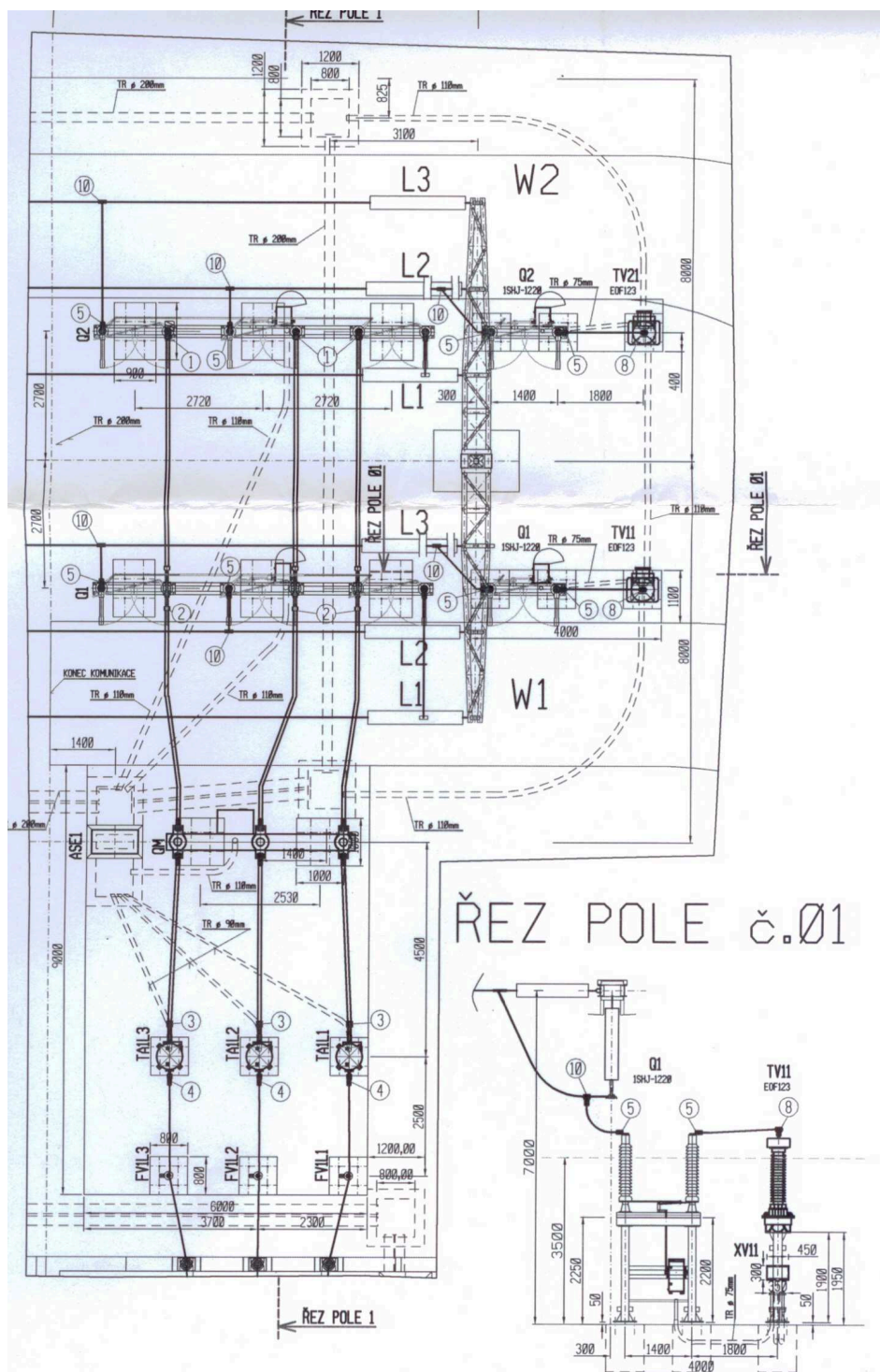
3-00D-1-574



Příloha č. VII – Připojnice 110kV

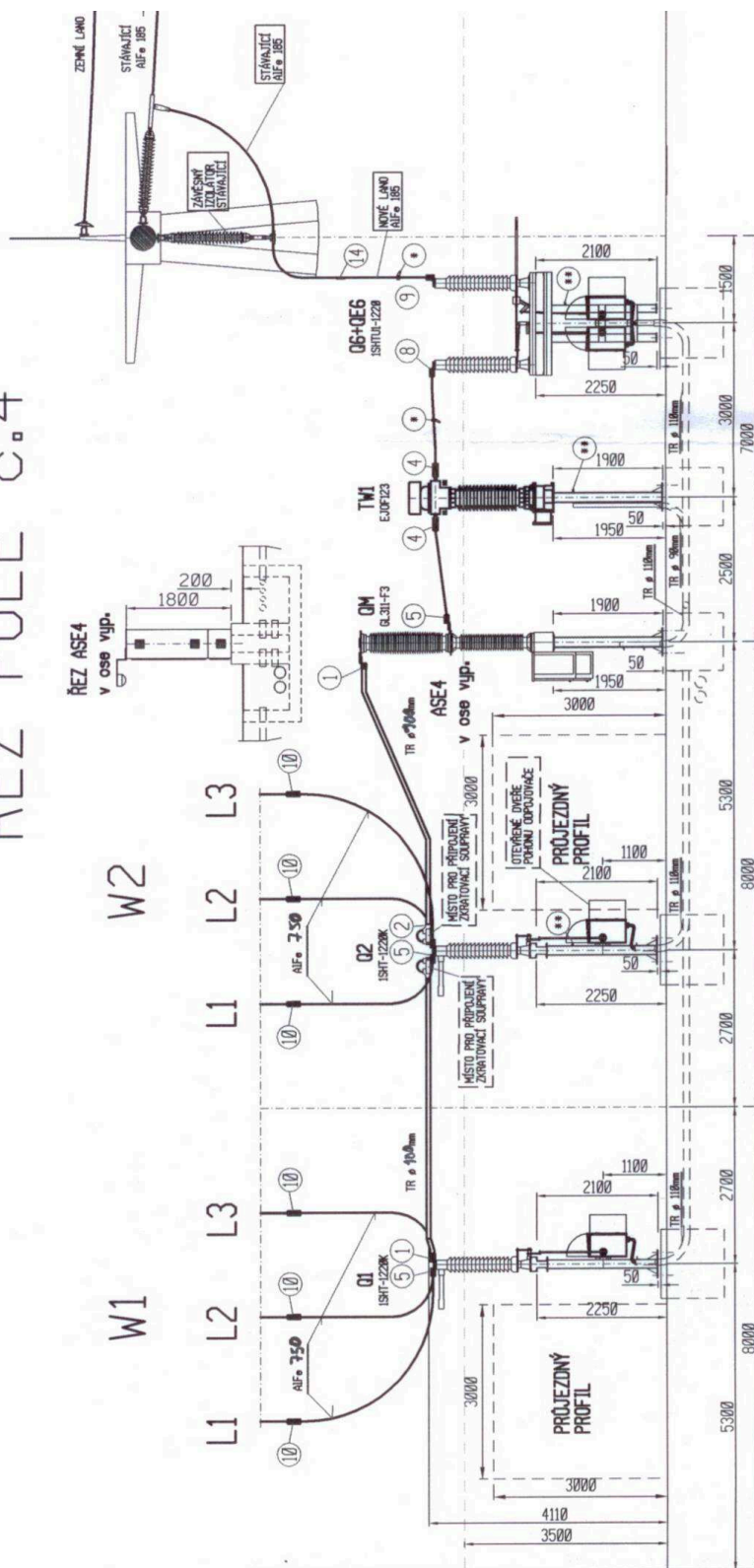


Příloha č. VIII. – Řez transformátorovým polem (T101 a T102)

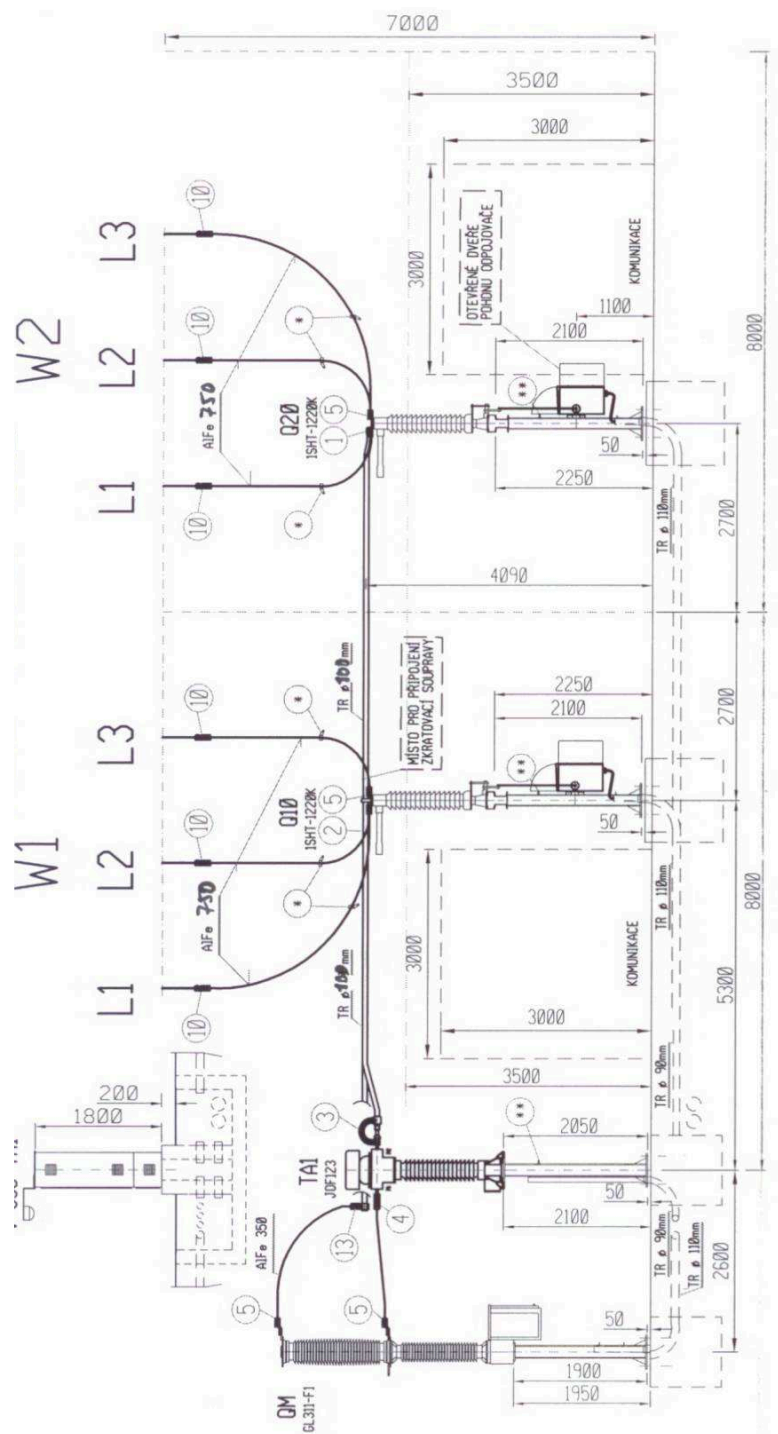


Příloha č. IX. – Půdorys pole transformátorů a pole měření přípojníc

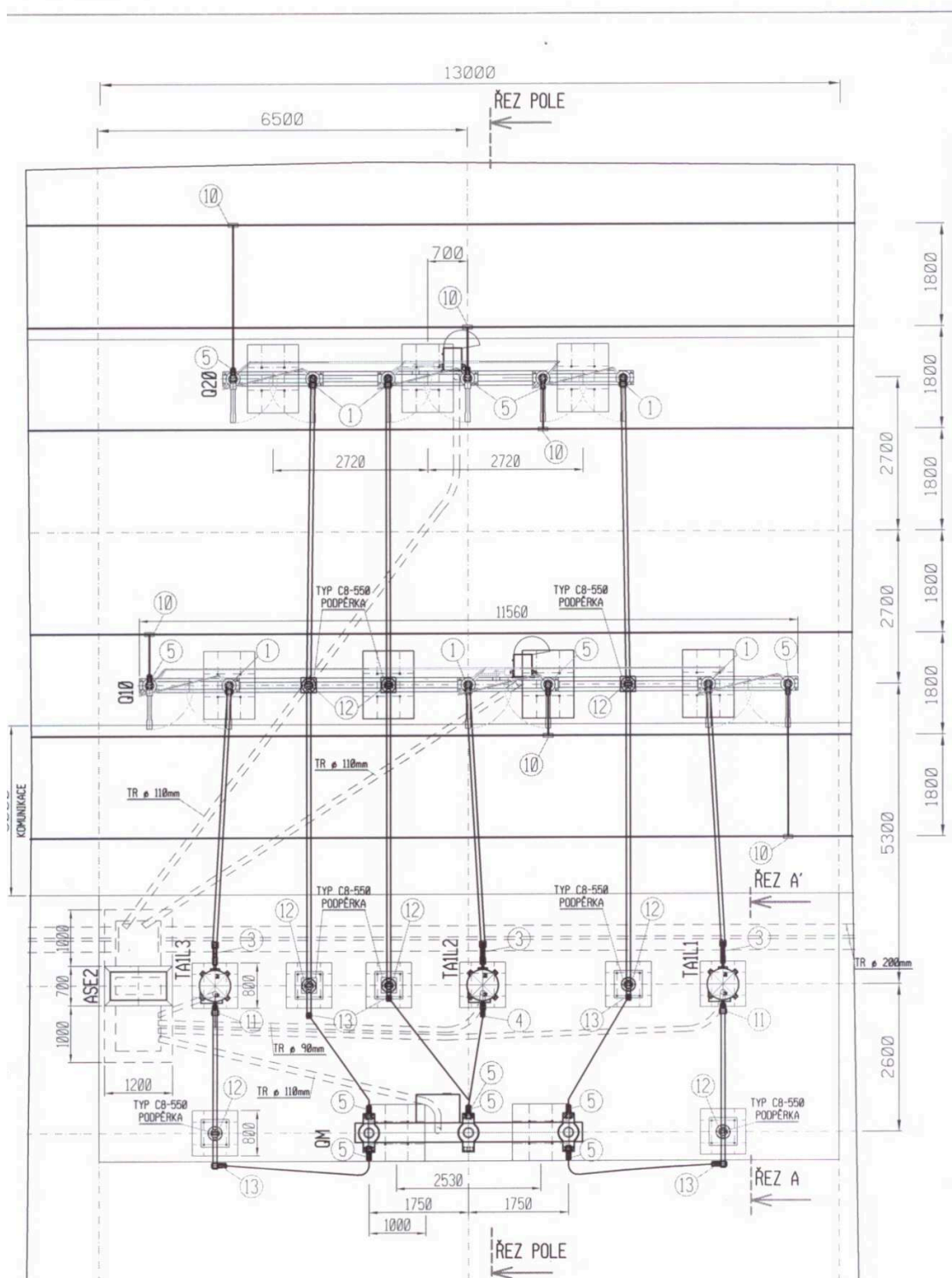
ŘEZ POLE č.4



Příloha č. X. – Řez vývodovým polem (V194, V1102 a pole č. 5)



Příloha č. XII. – Řez polem spojky přípojníc





TECHNICKÁ DATA

ODPOJOVAČE 123 kV

Se 4449 N

Počet listů:

ČSN EN / IEC 62271-102

Typové označení trojpólový 3SHT(U)-1220
jednopólový 3SHJ(U)-1220

Jmenovité napětí kV 123
Frekvence Hz 50

Izolační hladina proti zemi mezi póly :
Výdržné napětí při atmosférickém impulsu kV 550
Krátkodobé výdržné napětí střídavé kV 230

Izolační hladina v odpojovací dráze :
Výdržné napětí při atmosférickém impulsu kV 630
Krátkodobé výdržné napětí střídavé kV 265

Jmenovitý proud A 2000 2500
Jmenovitý krátkodobý proud (1 s) kA 40 40
Jmenovitý dynamický proud kA 100 100

Jmenovité mechanické namáhání připoj.svorek:
- statické N 1000 1000 1500
- statické a dynamické N 7000 3000 3500
- dynamické N 6000 2500

Povrchová dráha izolátoru proti zemi mm 3100 , 3800
Typové označení odpojovače .1 .2

Mechanická životnost spínací cykly 3000
Rádiové rušení dB (1μV) <60
Doba funkce s elektromotorem s 6

Pohon : elektrický **1PMA2** jmenovité napětí ovládací 230V,50Hz
jmenovité napětí elektromotoru 3x230/400V, 50 Hz
příkon elektromotoru 550 W
příkon oteplovače 50 W
signální přepínač 6zap., 6vyp., 2mezipoloha
(12zap., 12vyp., 2mezipoloha)
+ předstih. kontakt

7PMA2 jmenovité napětí ovládací 220 V=, 110 V=
(nutno zvlášť objednat)
vypínací schopnost sig. přepínače 2A při 220 V=
čas.konstanta 20 ms

ruční **1PR**
IP kód 54

Vypracoval : Ing. Úlovec	Schválil					Nahrazuje
Přezkoušel	Dne: 31.10.2005	Změna 5/07	Datum	Podpis	Index	

Příloha č. XIV – Technická data odpojovačů 110kV